



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

## ENERGETICKÝ ÚSTAV

ENERGY INSTITUTE

## NÁVRH CHLAZENÍ V RODINNÉM DOMĚ

DESIGN OF COOLING SYSTEM IN FAMILY HOUSE

### BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Tereza Křestánová

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Ondřej Pech, Ph.D.

BRNO 2019



# Zadání bakalářské práce

Ústav: Energetický ústav  
Studentka: **Tereza Křest'anová**  
Studijní program: Strojírenství  
Studijní obor: Základy strojního inženýrství  
Vedoucí práce: **Ing. Ondřej Pech, Ph.D.**  
Akademický rok: 2018/19

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

## Návrh chlazení v rodinném domě

### Stručná charakteristika problematiky úkolu:

U rodinného domu vlivem polohy a orientace prosklených ploch dochází v letním období k přehřívání, kdy teploty v místnostech dosahují 28 – 30 °C.

### Cíle bakalářské práce:

Provést literární rešerši možností chlazení v rodinných domech, vypočítat tepelnou zátěž domu, porovnat náklady na pořízení, montáž a servis vybraných chladicích jednotek. Vypočítat roční náklady na provoz.

### Seznam doporučené literatury:

ČSN 73 0548: Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů. Praha: Český normalizační institut, 1986.

SZÉKYOVÁ, Marta. Větrání a klimatizace. Bratislava: Jaga, 2006, 359 s. ISBN 80-807-6037-3.

CHYSKÝ, Jaroslav a Karel HEMZAL. Větrání a klimatizace. 3., zcela přeprac. vyd. Brno: BOLIT-B Press, 1993. ISBN 80-901-5740-8.

JANOTKOVÁ, E. Technika prostředí. Brno: VUTIUM, 1991, 201 s. ISBN 802140258X.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2018/19

V Brně, dne

L. S.

---

doc. Ing. Jiří Pospíšil, Ph.D.  
ředitel ústavu

---

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.  
děkan fakulty

## **ABSTRAKT**

Bakalářská práce je zaměřena na návrh chlazení rodinného domu, určeného k možné výstavbě. Úvodní kapitola se zabývá nejčastějšími způsoby chlazení RD, a to s využitím především dělených klimatizačních jednotek a tepelných čerpadel. V následující kapitole je krátce popsán zvolený rodinný dům, jeho orientace na pozemku a parametry stavební konstrukce. Další kapitolu tvoří ukázkový výpočet tepelné zátěže pro obývací pokoj a shrnutí výsledků pro ostatní místnosti, které mají být chlazeny. V poslední kapitole jsou vytvořeny dva různé návrhy možných způsobů chlazení a porovnány finanční náklady na nákup, montáž, provoz a případné revize. První návrh se zabývá instalací dvou multi-splitů. V druhém případě je navržena instalace tepelného čerpadla EHS TDM od značky Samsung, které jako první v Evropě dokáže fungovat s jednou venkovní jednotkou na principu vzduch/voda i vzduch/vzduch. Na konci práce jsou přiloženy podrobnější výsledky výpočtů tepelné zátěže a výkresy jednotlivých návrhů.

## **ABSTRACT**

The bachelor thesis is focused on the design of cooling system in family house that is intended for potential building-up. The introductory chapter deals with the most common ways of a cooling systems in a family houses, using mainly split and multi-split air conditioning units and heat pumps. The following chapter shortly describes the family house, its orientation on the land and the parameters of the building structure. In the next chapter, there is calculated the heat load for the living room and also there are the results for the other rooms that should be cooled. In the last chapter there are created two different designs of possible ways of cooling and also the financial costs for purchase, assembly, operation and revisions are compared. The first design deals with the installation of two multi-splits. In the second design, the Samsung TDM heat pump was installed. This heat pump is the first in Europe, that can operate with one outdoor unit A2W and also A2A. At the end of this thesis, there are more detailed results of heat load calculations and drawings of individual designs of cooling.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Chlazení, dělená klimatizační jednotka, tepelné čerpadlo, tepelná zátěž

## **KEYWORDS**

Cooling, split and multi.split air conditioners, heat pump, thermal load

## BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

KŘEŠŤANOVÁ, Tereza. *Návrh chlazení v rodinném domě* [online]. Brno, 2019 [cit. 2019-05-22]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/117449>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Energetický ústav. Vedoucí práce Ondřej Pech.

# PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Chlazení rodinného domu vypracovala samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

20. května 2019

*podpis*

.....

Tereza Křesťanová





## **PODĚKOVÁNÍ**

Tímto bych chtěla poděkovat svému vedoucímu bakalářské práce Ing. Ondřeji Pechovi PhD., za cenné rady a připomínky při vypracování této práce.

Dále mé poděkování patří firmám AC & HS, s. r. o., Ait-česko s. r. o. a Baxxis s. r. o., za konzultace během vypracování této práce a vyhotovení cenových nabídek.

Zároveň patří velký dík mé rodině a příteli, za veškerou podporu při mém bakalářském studiu.



# OBSAH

|  |           |
|--|-----------|
| <b>ÚVOD .....</b>  | <b>13</b> |
| <b>1 ZAŘÍZENÍ PRO CHLAZENÍ RODINNÝCH DOMŮ .....</b>                      | <b>15</b> |
| 1.1 KLIMATIZAČNÍ ZAŘÍZENÍ.....   | 15        |
| 1.1.1 Princip funkce klimatizace.....                                    | 15        |
| 1.1.2 Chladiva.....  | 16        |
| 1.1.3 Typy klimatizačních zařízení.....                                  | 16        |
| 1.1.4 Přídavné funkce klimatizačních zařízení .....                      | 20        |
| 1.2 TEPELNÁ ČERPADLA .....   | 21        |
| 1.2.1 Typy tepelných čerpadel .....                                      | 21        |
| 1.2.2 Pasivní a aktivní způsob chlazení .....                            | 23        |
| 1.3 ÚČINNOST KLIMATIZACÍ A TEPELNÝCH ČERPADEL .....                      | 24        |
| <b>2 ZVOLENÝ RODINNÝ DŮM .....</b>                                       | <b>25</b> |
| 2.1 PŮDORYSY .....   | 25        |
| 2.2 PARAMETRY STAVEBNÍ KONSTRUKCE .....                                  | 26        |
| <b>3 VÝPOČET TEPELNÝCH ZISKŮ KLIMATIZOVANÝCH MÍSTNOSTÍ..</b>             | <b>27</b> |
| 3.1 OBÝVACÍ POKOJ .....  | 27        |
| 3.1.1 Tepelné zisky od vnitřních zdrojů .....                            | 28        |
| 3.1.2 Tepelné zisky z vnějšího prostředí .....                           | 31        |
| 3.2 OSTATNÍ MÍSTNOSTI .....  | 38        |
| 3.2.1 Jídelna.....   | 39        |
| 3.2.2 Dětský pokoj.....  | 39        |
| 3.2.3 Kuchyň.....  | 40        |
| 3.2.4 Ložnice.....   | 40        |
| 3.3 SHRUTÍ VÝSLEDKŮ .....  | 41        |
| <b>4 NÁVRH CHLAZENÍ RODINNÉHO DOMU .....</b>                             | <b>43</b> |
| 4.1 CHLAZENÍ POMOCÍ DVOU MULTI-SPLITŮ OD ZNAČKY TOSHIBA/MITSUBISHI ..... | 43        |
| 4.1.1 Venkovní jednotky.....   | 45        |
| 4.1.2 Vnitřní jednotky .....   | 45        |
| 4.1.3 Finanční náklady .....   | 46        |
| 4.1.4 Zhodnocení návrhu se značkou Toshiba.....                          | 47        |
| 4.1.5 Porovnání pro značku Mitsubishi.....                               | 48        |
| 4.1.6 Celkové porovnání Toshiba vs. Mitsubishi.....                      | 50        |
| 4.2 CHLAZENÍ POMOCÍ TEPELNÉHO ČERPADLA EHS TDM OD ZNAČKY SAMSUNG... 50   |           |
| 4.2.1 Venkovní jednotka.....   | 51        |

|                                       |  |           |
|---------------------------------------|--|-----------|
| 4.2.2                                 | <i>Zapojení s parapetními jednotkami.....</i>      | <i>51</i> |
| 4.2.3                                 | <i>Zapojení s nástěnnými jednotkami .....</i>      | <i>52</i> |
| 4.2.4                                 | <i>Finanční náklady.....</i>                       | <i>53</i> |
| 4.2.5                                 | <i>Zhodnocení návrhu s TČ Samsung EHS TDM.....</i> | <i>55</i> |
| <b>ZÁVĚR.....</b>                     |  | <b>57</b> |
| <b>SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ .....</b>  |  | <b>59</b> |
| <b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>           |  | <b>62</b> |
| <b>SEZNAM TABULEK.....</b>            |  | <b>63</b> |
| <b>SEZNAM GRAFŮ .....</b>             |  | <b>63</b> |
| <b>SEZNAM ZKRATEK.....</b>            |  | <b>64</b> |
| <b>SEZNAM POUŽITÝCH VELIČIN .....</b> |  | <b>65</b> |
| <b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>             |  | <b>69</b> |

## ÚVOD

V dnešní době, se zvyšující se teplotou v letních měsících a také se stoupajícími nároky na kvalitu života, vzrůstá zájem o zařízení, která pomáhají ochlazovat vzduch v interiérech bytů a rodinných domů. Dříve byla tato zařízení, především klimatizace, využívána spíše pro technické účely. Své uplatnění tedy nacházela nejprve v budovách, kde je nezbytné udržovat konstantní teplotu a také vlhkost, jako jsou například laboratoře. Později se začala rozšiřovat do kulturních budov a obchodních domů.

Dnes se však tato zařízení běžně využívají i v domácnostech a zájem o ně stále narůstá. Jedná se převážně o klimatizace, které jsou určeny nejen k chlazení vzduchu v místnosti, ale také k úpravě jeho vlhkosti a čistoty, případně i k vytápění. K chlazení interiéru lze využít také některé typy tepelných čerpadel, která jsou primárně určena k vytápění a ohřevu teplé vody, avšak je možné využít jejich reverzní chod, a tím vzduch v místnosti ochladit. Při samotném ochlazování, ať už se jedná o využití klimatizace nebo tepelného čerpadla, většinou nedochází k výměně vydýchaného vzduchu za čerstvý a je tedy třeba, zejména u novostaveb, myslet i na způsob větrání.

Při výběru vhodného zařízení pro chlazení rodinného domu je třeba zvážit několik aspektů. Nejdůležitější je zvolit, kolik místností a jak často bude třeba chladit a zdali bude přístroj využíván i jako zdroj tepla v chladnějších měsících ročního období. Podstatné je vybrat typ a správný výkon zařízení. Základním podkladem pro odborný výběr typu a především výkonu zařízení jsou spolu s projektovou dokumentací stavby také výpočty tepelné zátěže klimatizovaného prostoru, které zahrnují tepelné zisky od vnitřních zdrojů tepla, jako jsou svítidla, lidé, technologie a okolní místnosti a tepelné zisky z vnějšího prostředí, mezi něž patří tepelné zisky okny, venkovními stěnami, střechou a také větráním. Záleží tedy na velikosti místnosti a případných specifikách pokoje. Je třeba brát v úvahu větší elektrospotřebiče, nacházející se v chlazené místnosti, které produkují nezanedbatelnou část tepla. Důležitým faktorem při rozhodování je také pořizovací cena, záruka, životnost, náklady na provoz, montáž a servis. Výběr vhodného zařízení pro chlazení rodinného domu a následná instalace tedy není zcela jednoduchá záležitost a je vhodné alespoň částečně využít odbornou pomoc.



# 1 ZAŘÍZENÍ PRO CHLAZENÍ RODINNÝCH DOMŮ

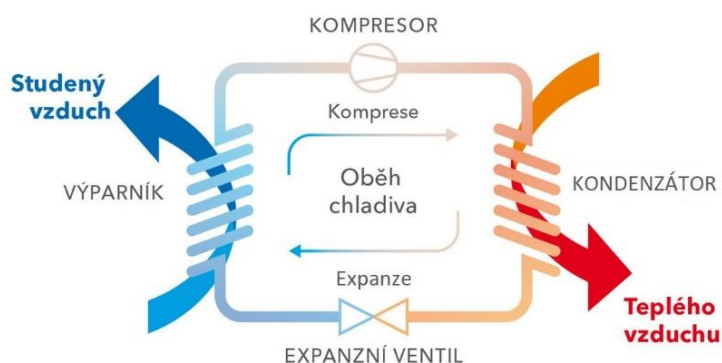
Pod pojmem chladicí zařízení si lze představit přístroj, pomocí něhož lze snížit teplotu. Dochází tedy k odvodu tepla z místnosti, která má být chlazená, na místo jiné. V technice prostředí se ke snižování teploty vzduchu v místnostech využívají především takzvaná kombinovaná zařízení, která umožňují chlazení i vytápění určitého prostoru. U některých typů lze také využít funkci větrání, nebo například odvlhčování vzduchu. V rodinných domech, případně bytech se k chlazení prostorů používají především klimatizační zařízení, která jsou primárně určena k chlazení a tepelná čerpadla, primárně určena k vytápění a pro ohřev teplé vody, avšak je možné využití některých typů i pro chlazení.

## 1.1 Klimatizační zařízení

Úplná klimatizační zařízení musí být schopna vykonávat 4 psychrometrické úpravy vzduchu, a to chlazení, ohřev, zvlhčování a odvlhčování. Pokud klimatizace slouží jen k částečné úpravě vzduchu, tedy například pouze ke snižování teploty, jedná se o tzv. dílčí klimatizaci [1]. Klimatizačních zařízení existuje mnoho typů. Většina klimatizací pro RD je v dnešní době konstruována jako tepelné čerpadlo vzduch/vzduch. Princip funkce a další typy tepelných čerpadel, které je možné využít k chlazení, budou detailněji popsány v další části práce.

### 1.1.1 Princip funkce klimatizace

Hlavním úkolem klimatizace v rodinných domech je odčerpat teplo z určité místnosti. Tohoto lze dosáhnout díky chladicímu okruhu, jež je možné vidět na obr. 1.1. Chladicí okruh se skládá z kompresoru, kondenzátoru, výparníku a expanzního ventilu. Jednotlivé části jsou propojeny potrubím, ve kterém putuje chladivo. Cyklus, probíhající v klimatizačním zařízení, začíná v kompresoru, který stlačuje páry chladiva, a zvyšuje tak jejich tlak a teplotu. Vysoce stlačené chladivo přechází do kondenzátoru, který je ochlazován, například venkovním vzduchem pomocí ventilátoru. Chladivu je tak odebíráno teplo a dochází k jeho kondenzaci. Následuje průchod expanzním ventilem, ve kterém dochází k poklesu tlaku a teploty. Chladivo poté putuje do výparníku, kde se odpařuje, a tím odebírá teplo z okolního vzduchu v místnosti. Páry chladiva putují zpět ke kompresoru a celý cyklus se opakuje.



Obr. 1.1 - Princip funkce klimatizačního zařízení [7], upraveno

### 1.1.2 Chladiva

Nezbytnou součástí chladicího okruhu je chladivo, které v klimatizačních zařízeních slouží k odvodu tepla z chlazené místnosti. Jak již bylo výše popsáno, chladivo postupně mění svoje skupenství z plynného na kapalné a opět na plynné. Hlavními požadavky na vlastnosti chladiva jsou: nehořlavost, nejedovatost, co největší výparné teplo, nízké pracovní tlaky (ale větší než barometrický), nízká cena a ekologická nezávadnost [2].

V klimatizačních zařízeních v technice prostředí bylo donedávna jedním z nejvíce používaných typů chladiva R410A. Evropská unie se však snaží snížit emise  $\text{CO}_2$ , které způsobují globální oteplování, a tak se místo R410A začíná více využívat chladivo R32, které má mnohem nižší potenciál globálního oteplování (GWP – Global Warming Potential). Jen pro srovnání u chladiva typu R410A je hodnota GWP 2088 a u R32 675 [3].

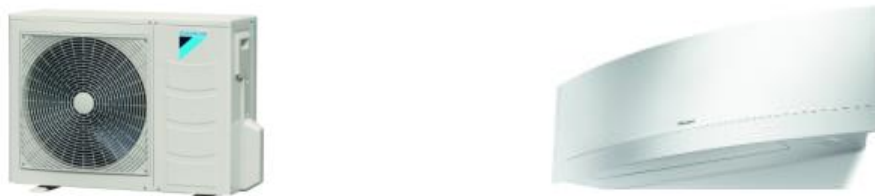
Na trhu lze pořídit jednotky pouze na chladivo R410A nebo R32. V roce 2018 se začala prodávat zařízení s označením Bi-Ref, která umožňují použití obou typů chladiv. V budoucnu se dá předpokládat přechod pouze na chladivo R32 a jeho případné nahrazení úplně jiným typem s mnohem nižším GWP [3].

### 1.1.3 Typy klimatizačních zařízení

Mezi nejvyužívanější typy klimatizačních zařízení v rodinných domech patří takzvané dělené stacionární klimatizace, skládající se z vnitřní a vnější jednotky. Dalšími méně častými zařízeními jsou okenní klimatizace, případně klimatizace mobilní [4]. K nejčastěji instalovaným klimatizacím patří přístroje od firem: Carrier, Samsung, Mitsubishi, Panasonic, LG, Toshiba, Sinclair, Daikin a další.

#### Dělené stacionární klimatizace

Jak již bylo zmíněno, tento typ klimatizací je v rodinných domech typem nepoužívanějším. Zařízení se skládá z vnitřní a vnější jednotky, které jsou vzájemně propojeny skrz zeď rozvodem chladiva a potřebnou kabeláží. Venkovní jednotka, znázorněna na obr. 1.2 vlevo, je pevně umístěna na vnější části budovy, například na balkóně, terase, vnější zdi, ale i na střeše nebo dobře větrané půdě. Skládá se z kompresoru, kondenzátoru a ventilátoru. Vnitřní jednotka, znázorněna na obr. 1.2 vpravo, která se umísťuje pevně v místnosti, obsahuje výparník, tichý oběhový ventilátor a řídicí elektroniku systému. Podle počtu vnitřních jednotek, napojených na jednotku vnější, se tato zařízení dělí na splity, kdy je na 1 vnější jednotku připojena 1 vnitřní, multi-splity, kdy na 1 vnější je připojeno více vnitřních a VRF (Variable Refrigerant Flow) systémy, kdy je na 1 vnější jednotku připojeno více jednotek vnitřních a systém umožňuje řízení s proměnlivým množstvím chladiva [1], [4].



Obr. 1.2 - Venkovní jednotka vlevo, vnitřní jednotka vpravo [6]



## Systém split

Klimatizace typu split se skládají, jak je možné vidět na obr. 1.3, z jedné venkovní a pouze jedné vnitřní jednotky, propojené pomocí měděného potrubí a kabeláže. Vnitřních jednotek existuje několik typů a dělí se především dle způsobu umístění. Tyto systémy se využívají v případech, kdy je potřeba chladit pouze jednu místnost, nebo jsou místnosti od sebe vzdáleny natolik, že by byl problém s propojením více vnitřních jednotek s jednotkou venkovní [4].



Obr. 1.3 - Split [6]

## Systém multi-split

Pro chlazení více místností v domě je využíván spíše systém multi-split. Tento systém znázorňuje obr. 1.4. Na jednu venkovní jednotku je v tomto případě připojeno více jednotek vnitřních, které mohou být různého typu [4].



Obr. 1.4 - Multi-split [6]

## Systém VRF

Systém VRF (Variable Refrigerant Flow) umožňuje chladivo vést jednou hlavní větví, ze které vedou odbočky k jednotkám vnitřním. Lze se setkat i s označením VRV (Variable Refrigerant Volume), jenž má patentované firma Daikin, která tento systém na trh uvedla jako první. Existují tři typy těchto systémů. Prvním je systém, který dokáže pouze chladit. Druhý typ s tepelným čerpadlem, kdy jsou všechny vnitřní jednotky ve stejném režimu (chlazení nebo vytápění). Třetí typ systému obsahuje přídatné rozdělovače. Dokáže přecerpávat teplo a vnitřní jednotky mohou pracovat v různých režimech. Tento systém se využívá v budovách s velkými prosklenými plochami, kdy prosluněné místnosti mohou vyžadovat chlazení a místnosti mimo sluneční svit vytápění [1], [5].

## Typy vnitřních jednotek

Vnitřní jednotky se dělí dle umístění na nástěnné, podstropní, parapetní, mezistropní (kanálové) a kazetové [4].

**Nástěnná jednotka**, znázorněna na obr. 1.5, patří mezi nejčastěji používané vnitřní jednotky. Umisťuje se na stěnu ve výšce dva a více metrů. Pomocí ovladače si lze nastavit průtok vzduchu, jeho teplotu, a také úhel natočení lamel, díky čemuž lze regulovat směr vyfukovaného vzduchu. Jednotka je dobře dostupná, a proto je jednoduchá její údržba [4].



Obr. 1.5 - Nástěnná vnitřní jednotka [6]

**Podstropní jednotka**, zobrazena na obr. 1.6, se jen málo liší od nástěnné. Umisťuje se pod strop. Vzduch z místnosti je nasáván spodní částí zařízení, ochlazen a následně vyfukován dopředu. Stejně jako u nástěnné jednotky lze regulovat průtok vzduchu, jeho teplotu a natočení lamel [4].



Obr. 1.6 - Podstropní vnitřní jednotka [6]

**Kanálová jednotka**, znázorněna na obr. 1.7, někdy také označována jako mezistropní, je určena pro stropní podhledy. Tento typ je velmi nenápadný, protože vidět jsou pouze mřížky pro nasátí a výfuk vzduchu. Vnitřní jednotka se spolu s potrubím pro rozvod vzduchu umisťuje do podhledu [4].



Obr. 1.7 - Kanálová jednotka [6]

**Parapetní jednotka**, která je zobrazena na obr. 1.8, se instaluje na zeď pod okno, nebo jinam do místnosti jen pár centimetrů nad podlahou. Tyto jednotky mohou být volné nebo částečně vestavěné [4].



Obr. 1.8 - Parapetní jednotka [6]

**Kazetové jednotky** se umísťují do stropních podhledů, nejčastěji kazetového typu. Své uplatnění nacházejí spíše než v rodinných domech v kancelářích nebo restauracích [4]. Příklad takovéto jednotky je znázorněn na obr. 1.9.



Obr. 1.9 - Kazetová jednotka [36]

#### **Příklad konkrétní vnitřní jednotky**

Ururu Sarara je nástěnná vnitřní jednotka od výrobce Daikin, která dokáže vzduch v místnosti chladit, ohřívat, zvlhčovat i odvlhčovat. Tím ovšem výčet jejích schopností teprve začíná. K samozřejmostem patří i možnost čištění vzduchu. Vzduch je tak před vstupem do místnosti zbaven prachu, pylů, virů, bakterií a pachů pomocí filtru, který navíc nabízí funkci automatického čištění. Další velmi vítanou funkcí je možnost větrat místnost při zavřených oknech díky přísávání vzduchu pomocí vnější jednotky. Tento typ klimatizace dokáže detekovat pohyb osob v místnosti, díky trojitému prostorovému čidlu, a zaměřit tak proud vyfukovaného vzduchu mimo osoby. Pokud se v místnosti nikdo nevyskytuje, systém se automaticky přepne do úsporného režimu. Samozřejmostí je i možnost připojení klimatizace na wifi, a tedy možnost řízení pomocí aplikace na tabletu či chytrém telefonu. Technologie řízená invertorem a fakt, že klimatizace odebírá 80% energie ze vzduchu a jen 20% z elektrické energie, ji řadí do třídy spotřebičů A+++. Výrobce uvádí, že odběr elektřiny při nepřetržitém používání 10 hodin bude menší, než energie spotřebovaná při jednom pracovním cyklu v běžné pračce. V neposlední řadě je také nutno zmínit velmi nízkou hlučnost vnější i vnitřní jednotky. V noci je dokonce možné nastavit speciální regulaci teploty, která se plně přizpůsobí spánkovému režimu osoby v místnosti [6].

## Okenní klimatizace

Tento již skoro nepoužívaný typ se řadí mezi stacionární jednoduché klimatizace, které jsou montovány do předem vytvořených otvorů ve zdi nebo okně. Příklad takovéto instalace je zřejmý z obr. 1.10. Oproti děleným klimatizačním jednotkám není třeba vytvářet rozvody ke spojení venkovní a vnitřní jednotky. Okenní klimatizace jsou poměrně hlučné [4].



Obr. 1.10 - Okenní klimatizace [37]

## Mobilní klimatizace

Výhodou tohoto typu klimatizace je snadná manipulace. Existují 3 typy mobilních klimatizací. Kompaktní, která stojí v místnosti, a z ní je pootevřeným oknem, otvorem ve zdi nebo v okně vyvedena hadice, odvádějící horký vzduch. Tento typ může v místnosti vytvářet mírný podtlak. Dalším typem je kompaktní mobilní klimatizace s dvěma hadicemi, kdy jednou je odváděn horký vzduch a druhou je přiváděn vzduch zvenku, který slouží k chlazení kondenzátoru. Třetí typ se podobá stacionární dělené klimatizaci. Není ovšem nutná pevná montáž jednotek. Stačí je položit na zem a propojení lze opět provést například skrz pootevřené okno. Pootevřeným oknem ovšem do místnosti vniká teplo. Často je tento problém řešen textilní fólií a redukcí hadice, aby okno mohlo být více přivřené. Dalším možným řešením je vytváření otvoru do okna nebo zdi [7]. Mobilní klimatizace je jedním z nejlevnějších řešení chlazení, ovšem pro většinu uživatelů není, kvůli své hlučnosti a neúčinnosti, řešením definitivním.

### 1.1.4 Přídavné funkce klimatizačních zařízení

Většina klimatizací nabízených na trhu umí mnohem více, než pouze snižovat, případně zvyšovat teplotu vzduchu v místnosti. Další důležitou funkcí je možnost odvlhčování. Díky tomu lze v místnosti udržovat vhodnou relativní vlhkost, a zamezit tak například vzniku plísní a poškození stěn. Zvlhčování vzduchu se u klimatizací také využívá, ale tato funkce není tak častá [8].

Velmi užitečnou vlastností je čištění vzduchu. Zde je možné uvést jako příklad systém čištění od výrobce Samsung, s názvem Easy filtr a Virus Doctor. Název Easy filtr značí snadnou údržbu filtru klimatizace, který je umístěn nvrchu vnitřní jednotky pro lepší manipulaci. Dá se tedy snadno vyjmout, a k vyčištění stačí pouhé omytí vodou. Systém Virus Doctor kromě odstranění alergenů a roztočů dokáže ze vzduchu neutralizovat bakterie a viry. Škodlivý radikál OH se díky sloučení s aktivními ionty vodíku mění na neškodnou vodní páru. U většiny klimatizací je dnes samozřejmostí využívání invertorového kompresoru, který plynule reguluje otáčky, a snižuje tak hlučnost, spotřebu energie a zvyšuje životnost kompresoru. Díky možnosti regulace lze lépe udržovat požadovanou teplotu, jelikož se kompresor nemusí stále vypínat a zapínat, jako tomu je u klasického on-off typu [9].

U moderních klimatizací je možné využít týdenní naprogramování, automatické znovunastavení po výpadku elektrického proudu nebo dálkové ovládání pomocí aplikací, které běží na platformách Apple a Android. Důležité je také myslet na to, že běžná klimatizace sice vzduch v místnosti ochladí, ale už nedochází k výměně vydýchaného vzduchu za čerstvý, a to může být u moderních budov, které jsou extrémně utěsněny, problém. Některé typy moderních klimatizací ovšem umožňují částečné větrání místnosti. Větrání je založeno na principu odsávání vnitřního vydýchaného vzduchu prostřednictvím vnitřní jednotky a přisávání vzduchu čerstvého z vnějšku [8].

Milovníci designu u klimatizací ocení i možnost velmi nevšedního vzhledu. Některé moderní vnitřní jednotky se tak stávají spíše uměleckým doplňkem. Příkladem je vnitřní jednotka od firmy LG, nesoucí název Art Cool Galery, která umožňuje do předního panelu jednotky umístit libovolný obraz nebo fotku [10].

## 1.2 Tepelná čerpadla

Tepelná čerpadla jsou zařízení, která primárně slouží k získávání tepla pro vytápění vnitřních prostorů budov a ohřev užitkové vody, a to z obnovitelných, nízkopotenciálních zdrojů energie, kterými jsou vzduch, země nebo voda. Tepelné čerpadlo teplo z okolního prostředí převádí na vyšší teplotní hladinu pomocí okruhu s výparníkem, kompresorem, kondenzátorem a expanzním ventilem. Pro tento převod je třeba dodat určitou část energie, většinou elektrické [11].

Tepelná čerpadla jsou nejčastěji označována dle typu primárního nízkopotenciálního zdroje energie (voda, vzduch, země), které se uvádí v názvu na první místo a typu ohřívaného média (vzduch, voda) na místě druhém. Příkladem tedy může být tepelné čerpadlo země/voda, kdy je zemské teplo odebíráno ze země (vrtu nebo zemního kolektoru) a předáváno vodě do otopného systému [12].

Tepelná čerpadla lze v letních měsících využít i pro chlazení interiéru. Bonusem je pak možnost využití některých typů i pro ohřev užitkové vody. Pro chlazení domů se v České republice využívají především kompresorová tepelná čerpadla typu vzduch/vzduch, vzduch/voda, případně země/voda nebo voda/voda napájena elektrickým proudem [12].

### 1.2.1 Typy tepelných čerpadel

V této části jsou popsány jednotlivé typy tepelných čerpadel, využívaných pro chlazení interiéru.

#### Vzduch/vzduch

Tento typ tepelného čerpadla funguje v reverzním chodu jako již výše zmíněná klimatizace. Je tedy možné toto zařízení využít kromě možnosti ohřevu vzduchu i pro jeho chlazení. Při změně směru chodu zůstávají všechny komponenty na svém místě. Nezbytnou součástí takového okruhu je čtyřcestný ventil, který zajistí změnu chodu. Tento typ je cenově dostupnější. Nedá se ovšem využít na ohřev vody [11].

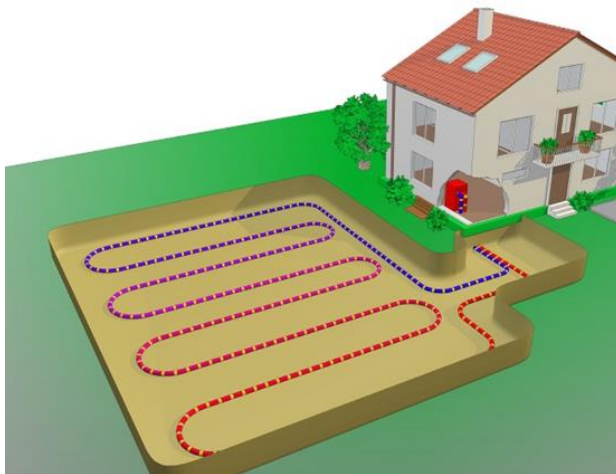
#### Země/voda

Jedná se o nejstabilnější typ tepelného čerpadla, které využívá v létě chladnou zem. Teplo z místnosti je předáváno vodě, proudící v různých typech zařízení pro chlazení interiéru. Ohřátá voda proudí k výparníku, kde předává teplo chladivu, které se odpařuje. Páry chladiva jsou stlačovány pomocí kompresoru, jejich teplota stoupá. Vysoce stlačené páry chladiva dále putují do kondenzátoru, kde je teplo předáno, většinou nemrznoucí kapalině, proudící trubkami v plošném zemním kolektoru či vrtu [13].

Nemrznoucí kapalina teplo předává zemi, sama se tedy ochlazuje a putuje zpět ke kondenzátoru, kde opět odebírá teplo chladivu. Chladivo v kondenzátoru kondenzuje, a jako kapalina proudí k expanznímu ventilu, kde dochází k dalšímu snížení teploty a tlaku. Dále proudí opět do výparníku, kde znovu odebírá teplo vodě proudící z ochlazované místnosti [13].

Nevýhodou při pořízení tohoto typu tepelného čerpadla jsou zemní práce, které musí zákazník podstoupit, jelikož je třeba vybudovat zemní (horizontální) kolektor nebo geotermální vrt (vertikální kolektor). Tento způsob chlazení může pomoci regenerovat primární okruh. To znamená, že teplo ze země odebrané při zimním vytápění, je při chlazení v létě do země vráceno [12].

**Plošný zemní kolektor** je náročný na prostor. Při jeho budování je třeba mít k dispozici pozemek s dostatečnou plochou pro umístění potrubí s nemrznoucí směsí. Při využití tohoto způsobu odvodu tepla do země je v hloubce cca 1,5 – 2 m pod povrchem položeno polyethylenové potrubí. Toto by mělo být provedeno v dostatečné vzdálenosti od základů, aby v zimě nedocházelo, při vytápění budovy, k jejich promrzání. Trubky se většinou ukládají ve tvaru slinky nebo hadovitě, jak je zřejmé z obr. 1.11, a měly by být od sebe vzdáleny nejméně 0,6 m. Velikost plochy zemního kolektoru tvoří přibližně trojnásobek plochy vytápěné. Záleží samozřejmě na typu podloží [12].



Obr. 1.11 - Plošný zemní kolektor [11]

**Geotermální vrt** se využívá především u domů, kde není dostatečný prostor pro vybudování plošného kolektoru. Pro výkon 1 kW je třeba dle geologických podmínek hloubka vrtu 12 - 18 m. Průměr vrtu se pohybuje mezi 130 a 220 mm. Do vrtu jsou vloženy 2 nebo 4 polyethylenové hadice a v nich pak proudí nemrznoucí směs. V porovnání s plošným kolektorem je vybudování vrtu nákladnější, ale teplota hluboko v zemi během roku nekolísá, a je tedy možné čerpat teplo o stálé teplotě cca 10 °C [12].

### Vzduch/voda

Tepelné čerpadlo vzduch/voda pracuje v reverzním chodu podobně, jako již výše zmíněná klimatizace (tepelné čerpadlo vzduch/vzduch). Jediným rozdílem je odvod tepla z místnosti pomocí vody, která ho až následně předá ve výparníku chladivu, a to pak dále vzduchu. Tento typ tepelného čerpadla existuje ve dvou variantách [14].

První variantou je takzvaný monoblok, kdy je uzavřený chladivový okruh pouze ve venkovní jednotce a propojení s vnitřní jednotkou je zprostředkováno pomocí potrubí s topnou (chladicí) vodou. Druhou možností je varianta split, kdy je vnitřní a vnější jednotka propojena chladivovým okruhem [14].

## Voda/voda

Možnosti využití tohoto typu tepelného čerpadla jsou poněkud omezené. Ke svému provozu toto tepelné čerpadlo potřebuje ve své blízkosti větší vodní plochu (např. vodní nádrž) nebo vybudování tzv. jímací (odebírací) a vsakovací studny. Systém je závislý na kvalitě a dostatečném množství vody. Mohou tedy nastat problémy s nedostatkem podzemní vody (záleží na konkrétní lokalitě) a jsou zde také větší nároky na údržbu systému [15].

### 1.2.2 Pasivní a aktivní způsob chlazení

Při chlazení pomocí tepelného čerpadla, lze chladit aktivně případně u některých typů využití chlazení pasivní [16].

#### Pasivní chlazení

Prvním způsobem chlazení je takzvané chlazení pasivní. Pokud hovoříme o pasivním chlazení, někdy označováno jako chlazení přirozené, nebo anglickým výrazem natural cooling, jedná se o využití přirozeného toku tepla z teplejšího zdroje na studenější. Teplo je odevzdáváno zemině nebo vodě. V chodu je pouze oběhové čerpadlo. Tento způsob chlazení je ve své podstatě méně efektivní než chlazení aktivní, ale ekonomicky výhodnější, z důvodu menší spotřeby elektrické energie pro pohon kompresoru, který není v tomto režimu v chodu. [16].

#### Aktivní chlazení

Při aktivním způsobu chlazení je využíván reverzní chod tepelného čerpadla. V oběhu funguje oběhové čerpadlo i kompresor. Na rozdíl od pasivního způsobu chlazení, kdy je teplota chladicí vody asi 16 °C, u aktivního díky kompresoru a kondenzátoru lze dosáhnout nižších chladicích teplot až 7 °C [16].

### Způsoby chlazení TČ s vodou v sekundárním okruhu

Při používání podlahového vytápění někoho může napadnout myšlenka, zda lze podlahou v létě i chladit. Tento systém je možné využít pro chlazení, avšak tato možnost není příliš vhodná. Je třeba dát pozor, aby teplota chladicí vody neklesla pod tzv. rosný bod (cca 16°C), na podlaze by pak začala kondenzovat vzdušná vlhkost a hrozilo by nebezpečí uklouznutí. Nejen kondenzace vzdušné vlhkosti je problém při chlazení podlahovým systémem. Studený vzduch se drží při zemi a nedojde tedy k tak efektivnímu chlazení ve větší výšce nad podlahou [11].

#### Stěnové a stropní chlazení

Lepší variantou je ponechat systém vytápění podlahou a pro chlazení využít stěny nebo nejlépe strop. V případě stěnového chlazení (vytápění) se provádí instalace buď do montovaných příček na stěnové profily, nebo přímo do vrstvy omítky (tzv. mokrá instalace) [17]. Ke stěnám pak není možné stavět větší nábytek.

Nejllepší možností je využít chlazení stropní. V současné době se využívá stropního chlazení masivního, kdy chladicí potrubí je zabudováno do betonové konstrukce nebo chlazení lehkého, kdy je chladicí část zavěšena na stropě samostatně, nebo v podhledu.

Lehké chladicí stropy se dále dělí na otevřené a uzavřené. Otevřené jsou charakterizovány přenosem tepla převážně konvekcí, neboli prouděním, kterého je dosaženo díky mezerám mezi jednotlivými chladicími panely, a teplo tak může proudit až ke stropu. U uzavřených systémů přenos tepla probíhá převážně sáláním a je zde důležitá izolace horní strany stropu. U těchto způsobů není odváděna vzdušná vlhkost a je opět třeba hlídat teplotu chladicí vody, která by



neměla klesnout pod 16 °C pro místnosti, kde není další zdroj vlhkosti. Pro odvod tepla vázaného ve vzdušné páře je případně třeba využít větracího zařízení [18].

### **Chladicí trámy**

Dalším možným způsobem chlazení jsou stropní trámy (v některých zdrojích také označovány jako stropní trámce), které se dále dělí na pasivní (bez přívodu čerstvého vzduchu) a aktivní (s přívodem čerstvého vzduchu). Pasivní trámy se používají pouze za účelem chlazení a případné větrání je řešeno odděleně. Jedná se o tepelný výměník, jehož lamelami proudí studená voda, a teplý vzduch, který se drží u stropu, prochází výměníkem, ochlazuje se a klesá dolů [19].

Výhodou aktivních trámů je přívod čerstvého vzduchu ze vzduchotechnické jednotky, který je pomocí štěrbin vyfukován do místnosti, a nemusí se tak již řešit větrání chlazeného prostoru. Stropní trámy se stejně jako lehké chladicí stropy dělí na otevřené, kde teplý vzduch může být nasáván i shora výměníku a uzavřené, kde je teplý vzduch nasáván pouze zespodu [19].

### **Fan-coily**

Jiným a jedním z nejefektivnějších způsobů, jak využít aktivní chlazení je jednotka nazývaná fan-coil. Toto zařízení obsahuje tepelný výměník a ventilátor a zajišťuje tak nucené proudění vzduchu, který odevzdá své teplo vodě v lamelách výměníku. Je však nutné zajistit odvod kondenzátu pomocí malého odpadního potrubí. Fan-coily se vyrábí podobně jako vnitřní klimatizační jednotky v několika typech. Dle umístění je můžeme dělit na nástěnné, podlahové, parapetní, podstropní atd. [20].

## **1.3 Účinnost klimatizací a tepelných čerpadel**

Pro hodnocení účinnosti tepelných čerpadel případně klimatizací v provozu vytápění se používá takzvaný topný faktor COP (Coefficient of Performance), který ovšem v průběhu topné sezony kolísá a proto existuje ještě sezónní topný faktor SCOP (Seasonal Coefficient of Performance).

Pro posouzení účinnosti chlazení se využívá koeficient energetické účinnosti EER (Energy Efficiency Ratio) a ESEER (Europien Seasonal Energy Efficiency Ratio) [21], [22].

Chladicí faktor EER vyjadřuje poměr chladicího výkonu zařízení a příkonu elektrických zařízení (kompresoru, ventilátoru atd.). Tento faktor je vždy definován pro určité kombinace provozních podmínek, a proto během jednotlivých dní také kolísá. Při výpočtu spotřeby energie je třeba tyto podmínky zohlednit. Pro usnadnění byl zaveden takzvaný evropský sezónní energetický faktor ESEER, který je ve srovnání s klasickým EER stanoven pro celou sezonu. Tento faktor lépe odráží provoz zařízení v běžných provozních podmínkách [22].



## 2 ZVOLENÝ RODINNÝ DŮM

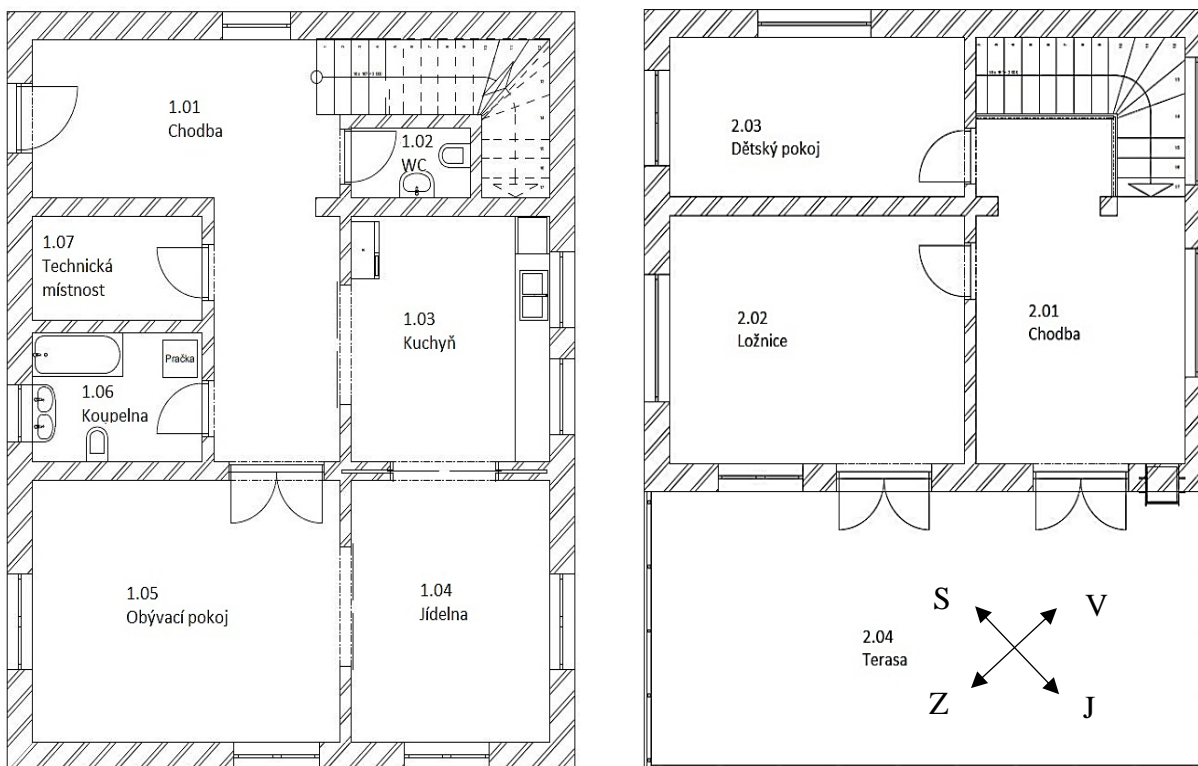
Rodinný dům, zobrazený na obr. 2.1, je projekt, určený k možné výstavbě na stavební parcele 782/1 v ulici Doubrava v obci Heřmanův Městec v nadmořské výšce 300 m n. m. Dům bude obývat rodina s jedním dítětem. Terasa je orientovaná na JZ.



Obr. 2.1 - Navržený dům

### 2.1 Půdorysy

Zjednodušené půdorysy jednotlivých pater jsou znázorněny na obr. 2.2.



Obr. 2.2 - Půdorysy jednotlivých pater, vlevo 1. NP, vpravo 2. NP

## 2.2 Parametry stavební konstrukce

U stavební konstrukce se pro výpočty tepelných zisků využívá především součinitel prostupu tepla dříve značen písmenem  $k$ , dnes již spíše písmenem  $U$ . Parametry stavební konstrukce zvoleného domu jsou uvedeny v tab. 2.1.

Tab. 2.1 - Parametry stavební konstrukce

| Typ konstrukce:           | Součinitel prostupu tepla $U$<br>[W/(m <sup>2</sup> K)] | Plošná hustota $\rho$<br>[kg/m <sup>2</sup> ] |
|---------------------------|---|---|
| Vnější zdi                | 0,19  | 340   |
| Vnitřní nosné zdi         | 0,8   | 360   |
| Vnitřní nenosné zdi       | 1,1   | 280   |
| Strop mezi patry          | 0,64  | 360   |
| Terasa                    | 0,24  | 440   |
| Střecha                   | 0,24  | 510   |
| Podlaha přilehlá k zemině | 0,41  | 500   |

Příklad výpočtu součinitele prostupu tepla pro strop mezi patry <sup>1</sup>

$$U = \frac{1}{R_1 + \left(\sum_i \frac{d_i}{\lambda_i}\right) + R_2} = \frac{1}{0,1 + 1,36 + 0,1} \doteq 0,64 \text{ W/(m}^2\text{K)} \quad (2.1)$$

Kde:

$R_1, R_2$  [(m<sup>2</sup>K)/W] jsou tepelné odpory při přestupu tepla na obou stranách konstrukce [23]

$d_i$  [m] je tloušťka určité části konstrukce

$\lambda_i$  [W/(mK)] je součinitel tepelné vodivosti

Tab. 2.2 - Jednotlivé vrstvy stropu mezi patry

| Typ vrstvy              | Tloušťka<br>vrstvy [mm] | Součinitel tepelné vodivosti<br>[W/(mK)] [24], [25] | Tepelný odpor<br>[(m <sup>2</sup> K)/W] |
|-------------------------|-------------------------|---|---|
| Omítka                  | 20                      | 0,88  | 0,02                                    |
| Stropní systém<br>MIAKO | 210                     | 0,87  | 0,24                                    |
| Kročejová izolace       | 40                      | 0,044   | 0,91                                    |
| Separační vrstva        | 4                       | 0,2   | 0,02                                    |
| Betonová mazanina       | 65                      | 1,3   | 0,05                                    |
| Podlahová krytina       | 20                      | 0,17  | 0,12                                    |
| Celkem                  | 359                     |   | 1,36                                    |

<sup>1</sup> Pomocné výpočty pro dosazení znázorněny v tab. 2.2



### 3.1.1 Tepelné zisky od vnitřních zdrojů

Nejprve byly provedeny výpočty tepelných zisků od vnitřních zdrojů, které tvoří zisky od lidí, svítidel, technologie a tepelné zisky ze sousedních místností.

#### Zisk tepla od lidí

Tyto zisky tvoří v případě, kdy není uvažováno chlazení pomocí čerstvého větracího vzduchu, teplo metabolické. Tento typ tepelného zisku závisí především na tělesné práci a také na složení skupiny lidí, která místnost obývá. V našem případě tuto skupinu tvoří jeden muž, jedna žena a jedno dítě. Dle normy je hodnota metabolického tepla pro muže sedícího, mírně aktivního 140 W [26].

Při různorodém složení skupiny lidí je třeba přepočítat metabolické teplo podle přibližné velikosti povrchu těla, kdy základní hodnota činí 1,9 m<sup>2</sup>. Výpočet lze provést pomocí rovnice dle DuBois následovně [27].

$$\begin{aligned} S_{\text{těla}} &= (\text{hmotnost}^{0,425} \cdot \text{výška}^{0,725}) \cdot 0,007184 \\ S_{\text{tělažena}} &= (60^{0,425} \cdot 165^{0,725}) \cdot 0,007184 = 1,66 \text{ m}^2 \\ S_{\text{těladítě}} &= (40^{0,425} \cdot 150^{0,725}) \cdot 0,007184 = 1,3 \text{ m}^2 \end{aligned} \quad (3.1)$$

Produkce tepla od lidí:

$$\dot{Q}_L = 140 + 140 \cdot \frac{1,66}{1,9} + 140 \cdot \frac{1,3}{1,9} \doteq 360 \text{ W} \quad (3.2)$$

#### Produkce tepla od svítidel

S tímto teplem se počítá, pokud jsou světla v provozu i v době špičkových tepelných zisků nebo tam, kde osvětlení není dostatečné. U hlubších místností se počítá s umělým osvětlením ve vzdálenostech větších než 5 m od okna [26]. V tomto případě je vzdálenost v jednom případě o něco málo větší než 5 metrů ale v domácnosti bude osvětlení realizováno výhradně LED žárovkami, a proto lze tento tepelný zisk při výpočtech zanedbat.

#### Tepelné zisky od technologie

Tyto tepelné zisky se dále dělí na zisky od elektromotorů  $\dot{Q}_m$  a zisky od elektronických zařízení  $\dot{Q}_e$ .

V obývacím pokoji se nachází elektronická zařízení, která jsou uvedena v tab. 3.1 společně s jejich příkonem. Zároveň je třeba určit součinitel současnosti  $c_1$  a součinitel průměrného zatížení zařízení  $c_3$ .

Tepelný zisk od elektronických zařízení:

$$\dot{Q}_e = \sum c_1 \cdot c_3 \cdot P \doteq 160 \text{ W} \quad (3.3)$$

Tab. 3.1 - Elektronická zařízení v obývacím pokoji

| Typ          | Příkon $P$ [W] | $c_1$ [–] | $c_3$ [–] | Teplo [W] |
|--------------|----------------|-----------|-----------|-----------|
| PC           | 150            | 0,6       | 0,8       | 72        |
| TV           | 105            | 0,6       | 0,8       | 50        |
| Monitor      | 50             | 0,6       | 0,8       | 24        |
| Hifi         | 17             | 0,6       | 0,8       | 8         |
| Reproduktory | 12             | 0,6       | 0,8       | 6         |

### Tepelné zisky ze sousedních místností

Pokud sousedí klimatizovaná místnost s místností, v níž je jiná teplota, lze tyto tepelné zisky vypočítat dle rovnice (3.4).

$$\dot{Q} = U \cdot S \cdot (t_{is} - t_i) \text{ [W]} \quad (3.4)$$

Kde:

|               |                          |   |
|---------------|--------------------------|---|
| $U$           | [W/(m <sup>2</sup> · K)] | je součinitel prostupu tepla                              |
| $S$           | [m <sup>2</sup> ]        | je povrch stěny   |
| $t_{is}, t_i$ | [°C]                     | jsou teploty sousední místnosti a místnosti klimatizované |

V tomto případě klimatizovaný obývací pokoj sousedí s koupelnou (30°C), klimatizovanou jídelnou (26°C) a chodbou (30°C).

#### a) Koupelna

Plocha stěny sousedící s koupelnou

$$S_{\text{koupelny}} = v_{\text{sk}} \cdot \check{s}_{\text{sk}} = 2,75 \cdot 2,98 \doteq 8,20 \text{ m}^2 \quad (3.5)$$

Kde:

|                         |     |  |
|-------------------------|-----|--|
| $v_{\text{sk}}$         | [m] | je výška části zdi sousedící s koupelnou |
| $\check{s}_{\text{sk}}$ | [m] | je šířka části zdi sousedící s koupelnou |

Tepelný zisk stěnou sousedící s koupelnou po dosazení do rovnice (3.4)

$$\dot{Q}_{\text{koupelna}} = 0,8 \cdot 8,20 \cdot (30 - 26) \doteq 25 \text{ W}$$

#### b) Chodba

Stěna sousedící s chodbou – tuto plochu je třeba rozdělit na stěnu a dveře do chodby.

Plocha dveří

$$S_{\text{dveřích}} = v_{\text{dch}} \cdot \check{s}_{\text{dch}} = 1,97 \cdot 1,6 \doteq 3,15 \text{ m}^2 \quad (3.6)$$

Plocha stěny bez dveří

$$S_{\text{chodby}} = v_{\text{sch}} \cdot \check{s}_{\text{sch}} - S_{\text{dveřích}} = 2,2 \cdot 2,75 - 3,15 \doteq 2,9 \text{ m}^2 \quad (3.7)$$

Tepelné zisky z chodby dosazení do rovnice (3.4)

$$\dot{Q}_{\text{dveře ch}} = 3 \cdot 3,15 \cdot (30 - 26) \doteq 40 \text{ W}$$

$$\dot{Q}_{\text{stěna chodby}} = 0,8 \cdot 2,9 \cdot (30 - 26) \doteq 10 \text{ W}$$

#### c) Jídelna

Tepelný zisk stěnou sousedící s jídelnou bude nulový, jelikož jsou teploty na obou stranách zdi stejné.

Výsledný tepelný zisk ze sousedících místností:

$$\dot{Q} = \dot{Q}_{\text{koupelna}} + \dot{Q}_{\text{dveře ch}} + \dot{Q}_{\text{stěna chodby}} = 25 + 40 + 10 = 75 \text{ W} \quad (3.8)$$

Součet tepelných zisků z vnitřního prostředí

Tab. 3.2 - Tepelné zisky z vnitřního prostředí

|                         |              |
|-------------------------|--------------|
| Od lidí                 | 360 W        |
| Od svítidel             | 0 W          |
| Od technologie          | 160 W        |
| Ze sousedních místností | 75 W         |
| <b>Celkem</b>           | <b>595 W</b> |

Při jednotlivých návrzích způsobů chlazení místnosti je třeba ještě připočíst případnou produkci tepla ventilátorem dle rovnice (4.3) a případné ohřátí vzduchu při průchodu vzduchovody dle rovnice (4.3) [26].

$$\dot{Q}_v = \frac{\dot{V} \cdot \Delta p}{\eta_v \cdot \eta_m} \quad [\text{W}] \quad (3.9)$$

Kde:

|            |                         |  |
|------------|-------------------------|--|
| $\dot{V}$  | $[\text{m}^3/\text{s}]$ | je průtok vzduchu ventilátorem   |
| $\Delta p$ | $[\text{Pa}]$           | je celkový tlak ventilátoru  |
| $\eta_v$   | $[-]$                   | je účinnost ventilátoru  |
| $\eta_m$   | $[-]$                   | je účinnost elektromotoru (neuvažuje se, pokud je umístěn mimo proud upravovaného vzduchu) |

$$\Delta t = \frac{U \cdot S_v \cdot \Delta t_{mv}}{1200 \cdot \omega \cdot A} \quad [\text{W} \cdot \text{s}/\text{m}^3] \quad (3.10)$$

Kde:

|                 |  |   |
|-----------------|--|---|
| $U$             | $[\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$ | je součinitel prostupu tepla  |
| $S_v$           | $[\text{m}^2]$                           | je celkový tlak ventilátoru   |
| $\Delta t_{mv}$ | $[\text{K}]$                             | je střední rozdíl teplot mezi vzduchem v potrubí a okolním vzduchem |
| $\omega$        | $[\text{m}/\text{s}]$                    | je rychlost proudění vzduchu ve vzduchovodech                       |
| $A$             | $[\text{m}^2]$                           | je průřez vzduchovodu   |

### 3.1.2 Tepelné zisky z vnějšího prostředí

Do těchto zisků se řadí především tepelné zisky okny, dále tepelné zisky stěnami a tepelné zisky větráním.

#### Tepelné zisky okny

Tepelný tok okny se dělí na dvě složky, a to prostup tepla konvekcí a prostup tepla sluneční radiací.

#### Výpočet prostupu tepla konvekcí

$$\dot{Q}_{ok} = U_0 \cdot S_0 \cdot (t_e - t_i) \quad [\text{W}] \quad (3.11)$$

Kde:

|             |  |  |
|-------------|--|--|
| $U_0$       | $[\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$ | je součinitel prostupu tepla oknem     |
| $S_0$       | $[\text{m}^2]$                           | je plocha okna včetně rámu             |
| $t_e - t_i$ | $[\text{K}]$                             | je rozdíl teplot na obou stranách okna |

V tomto případě se jedná o 2 okna s trojsklem, každé o ploše  $3 \text{ m}^2$  se součinitelem prostupu tepla  $0,7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  [28]

Dosazení do rovnice (3.11):

$$\dot{Q}_{ok} = 0,7 \cdot 2 \cdot 3 \cdot (29,8 - 26) \doteq 20 \text{ W} \quad (3.12)$$

#### Prostup tepla sluneční radiací

Tyto zisky se dále dělí na zisky od difúzního a přímého oslunění. K výpočtu přímého oslunění je třeba vypočítat, jak velká část plochy okna je vystavena přímému slunečnímu záření. Postup je následující:

Určí se azimutový úhel normály stěny  $\gamma$ , což je úhel vzatý od směru sever po směru otáčení hodinových ručiček:

$$\text{Pro JZ stěnu } \gamma_{JZ} = 225^\circ$$

$$\text{Pro SZ stěnu } \gamma_{SZ} = 315^\circ$$

Úhel mezi normálou osluněného povrchu a směrem paprsků  $\theta$  pro svislou stěnu dle rovnice (3.13) následovně:

$$\cos(\theta) = \cos(h) \cdot \cos|(a - \gamma)| \quad (3.13)$$

Pro JZ stěnu:

$$\cos(\theta)_{JZ} = \cos(34) \cdot \cos|(260 - 225)| = 0,679$$

Pro SZ stěnu:

$$\cos(\theta)_{SZ} = \cos(34) \cdot \cos|(260 - 315)| = 0,476$$

Intenzita přímé sluneční radiace pro svislou stěnu

$$i_D = 1350 \cdot \exp \left[ -0,1 \cdot z \cdot \left( \frac{16 - H_n}{16 + H_n} \right)^{0,8} \right] \quad [W/m^2] \quad (3.14)$$

Kde:

$z$              $[-]$             je součinitel znečištění atmosféry, pro červenec  $z = 5$   
 $H_n$          $[km]$             je nadmořská výška

$$i_D = 1350 \cdot \exp \left[ -0,1 \cdot 5 \cdot \left( \frac{16 - 0,3}{16 + 0,3} \right)^{0,8} \right] = 623,5 \text{ W/m}^2$$

Intenzita difúzní sluneční radiace pro svislou stěnu

$$i_d = (1350 - 0,5 \cdot i_D) \cdot \frac{\sin(h)}{5} = (1350 - 0,5 \cdot 623,5) \cdot \frac{\sin(34)}{5} = 116,1 \text{ W/m}^2 \quad (3.15)$$

Intenzita přímé sluneční radiace na plochu libovolně orientovanou

$$i_{DP} = i_D \cdot \cos(\theta) \quad [W/m^2] \quad (3.16)$$

Plocha na JZ

$$i_{DJZ} = 623,5 \cdot 0,679 \doteq 425 \text{ W/m}^2$$

Plocha na SZ

$$i_{DSZ} = 623,5 \cdot 0,476 \doteq 300 \text{ W/m}^2$$

Celková poměrná propustnost přímé sluneční radiace

$$T_D = 0,87 - 1,47 \cdot \left( \frac{\theta}{100} \right)^5 \quad [-] \quad (3.17)$$

$$T_{DJZ} = 0,87 - 1,47 \cdot \left( \frac{47,2}{100} \right)^5 = 0,835$$

$$T_{DSZ} = 0,87 - 1,47 \cdot \left( \frac{61,6}{100} \right)^5 = 0,740$$

Celková propustnost difúzní sluneční radiace  $T_d = 0,85$  je stálá (nezávislá na poloze slunce).Intenzita difúzní radiace procházející standardním oknem

$$i_{Okd} = T_d \cdot i_d = 0,85 \cdot 116,1 = 98,69 \text{ W/m}^2 \quad (3.18)$$

Celková intenzita sluneční radiace procházející standardním oknem

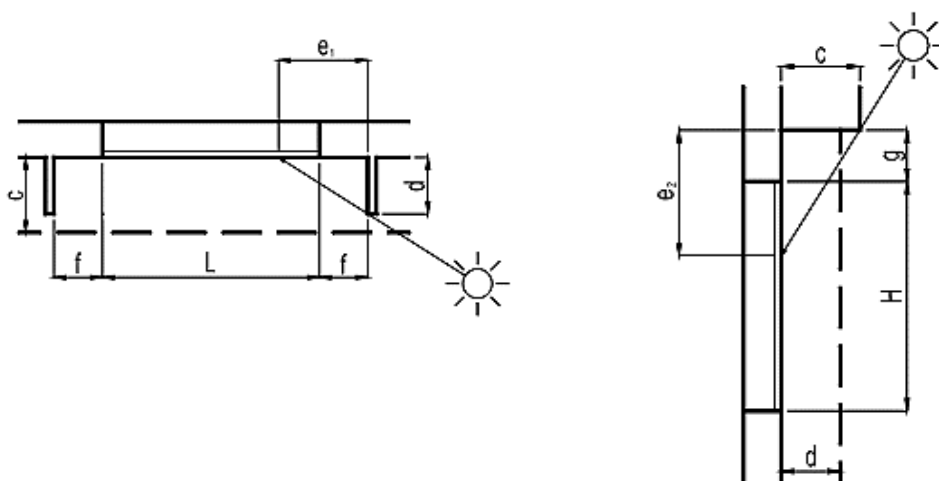
$$i_{Ok} = T_D \cdot i_D + i_{Okd} \quad [W/m^2] \quad (3.19)$$

$$i_{OkJZ} = 0,835 \cdot 425 + 98,69 = 453,6 \text{ W/m}^2$$

$$i_{OkSZ} = 0,740 \cdot 300 + 98,69 = 321,0 \text{ W/m}^2$$



Dále je třeba zjistit osluněnou část oken. Nejprve je třeba vypočíst délky stínů  $e_1$  a  $e_2$ , jak je naznačeno na obr. 3.2.



Obr. 3.2 - Délky stínů [38]

Kde:

|               |     |  |
|---------------|-----|--|
| $H$ a $L$     | [m] | je výška a šířka zasklené části okna                 |
| $f$ a $g$     | [m] | je odstup svislé a vodorovné části okna od slunolamů |
| $d$           | [m] | je hloubka okna                                      |
| $c$           | [m] | je hloubka okna vzhledem k horní stínící desce       |
| $e_1$ a $e_2$ | [m] | jsou délky stínů v okenním otvoru od kraje slunolamu |

Délky stínů se určí dle vztahů:

$$e_1 = d \cdot \tan|(a - \gamma)| \quad [\text{m}] \quad (3.20)$$

$$e_{1JZ} = 0,2 \cdot \tan|(260 - 225)| = 0,140 \text{ m}$$

$$e_{1SZ} = 0,2 \cdot \tan|(260 - 315)| = 0,286 \text{ m}$$

$$e_2 = \frac{c \cdot \tan(h)}{\cos|(a - \gamma)|} \quad [\text{m}] \quad (3.21)$$

$$e_{2JZ} = \frac{0,2 \cdot \tan(34)}{\cos|(260 - 225)|} = 0,165 \text{ m}$$

$$e_{2SZ} = \frac{0,2 \cdot \tan(34)}{\cos|(260 - 315)|} = 0,235 \text{ m}$$

Osluněná plocha okna:

$$S_{os} = [L - (e_1 - f)] \cdot [H - (e_2 - g)] \quad [\text{m}^2] \quad (3.22)$$

JZ

$$S_{osJZ} = [1,5 - (0,140 - 0)] \cdot [2 - (0,165 - 0)] = 2,50 \text{ m}^2$$

SZ

$$S_{osSZ} = [1,5 - (0,286 - 0)] \cdot [2 - (0,235 - 0)] = 2,14 \text{ m}^2$$

Tepelný zisk sluneční radiací pro venkovskou atmosféru v 16 hod SEČ

$$\dot{Q}_{Or16} = [S_{OS} \cdot \dot{I}_{OK} \cdot c_0 + (S_O - S_{OS}) \cdot \dot{I}_{Okd}] \cdot s \quad [\text{W}] \quad (3.23)$$

Kde:

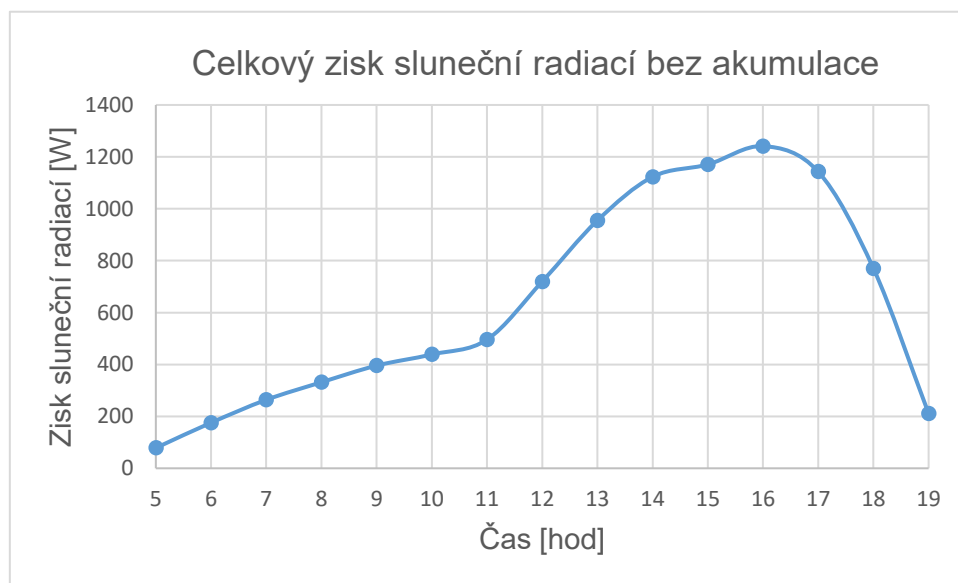
$c_0$        $[-]$       je součinitel korekce na čistou atmosféru, pro venkov  $c_0 = 1,15$   
 $s$        $[-]$       je stínící součinitel, v našem případě  $s_1 = 0,7$  pro okno s troj-  
    sklem a  $s_2 = 0,8$  pro závěsy

výsledný součinitel  $s = s_1 \cdot s_2 = 0,7 \cdot 0,8 = 0,56$

$$\dot{Q}_{Or16JZ} = [2,5 \cdot 453,6 \cdot 1,15 + (3 - 2,5) \cdot 98,69] \cdot 0,56 \doteq 755 \text{ W}$$

$$\dot{Q}_{Or16SZ} = [2,14 \cdot 321,0 \cdot 1,15 + (3 - 2,14) \cdot 98,69] \cdot 0,56 \doteq 485 \text{ W}$$

Celý výpočet zisku okny sluneční radiací se opakuje pro čas od 5 hod SEČ do 19 hod SEČ po hodině a následně se výsledky sečtou a podělí počtem hodin. Tato hodnota, označována jako střední tepelné zisky ( $\dot{Q}_{Orm}$ ), je následně porovnávána s vypočteným ziskem radiací sníženým o akumulaci a pro každou hodinu je uvažována větší z těchto dvou čísel. Podrobné výsledky těchto výpočtů tvoří přílohu této práce. V následujícím grafu je znázorněn průběh tepelných zisků okny sluneční radiací bez akumulace.



Graf 3.1 - Celkové zisky sluneční radiací oběma okny bez akumulace

Střední tepelné zisky okny pro obývací pokoj činí:

$$\dot{Q}_{Orm} = 680 \text{ W}$$

**Snížení zisků vlivem akumulace**

Tepelné zisky od oslunění oken pro dimenzování klimatizačního zařízení se mohou od přímých tepelných zisků značně lišit, pokud se připustí malé kolísání teplot vzduchu. Snížení tepelných zisků od osluněných oken lze vypočítat dle rovnice (3.24) [26].

$$\Delta \dot{Q} = 0,05 \cdot M \cdot \Delta t \quad (3.24)$$

Kde:

|            |      |  |
|------------|------|--|
| $M$        | [kg] | je hmotnost konstrukce pro akumulaci             |
| $\Delta t$ | [K]  | je přípustné zvýšení teploty, v našem případě 2K |

Pro akumulaci je uvažována podlaha a vnitřní stěny. Jako hmotnost stěn pro akumulaci tepla je uvažována hmotnost poloviční tloušťky vnitřních stěn a podlahy. Jelikož jsou vnitřní stěny širší, než 0,16 m pro akumulaci se uvažuje nejvýše tloušťka stěny 0,08 m [26].

Hmotnost stěn pro akumulaci

$$M_s = \frac{\rho_s}{\delta_s} \cdot \frac{2 \cdot \delta_{max}}{2} \cdot S_{sak} = \frac{360}{0,3} \cdot \frac{2 \cdot 0,08}{2} \cdot 11,7 + \frac{280}{0,2} \cdot \frac{2 \cdot 0,08}{2} \cdot 7,36 = 1950 \text{ kg} \quad (3.25)$$

Kde:

|                |                      |   |
|----------------|----------------------|---|
| $\rho_s$       | [kg/m <sup>2</sup> ] | je plošná hustota stěny                   |
| $\delta_s$     | [m]                  | je skutečná tloušťka stěny                |
| $\delta_{max}$ | [m]                  | je maximální tloušťka stěny pro akumulaci |
| $S_{sak}$      | [m]                  | je plocha stěny pro akumulaci             |

Hmotnost podlahy pro akumulaci

$$M_p = \frac{500}{2} \cdot 21,87 = 5468 \text{ kg} \quad (3.26)$$

Celková hmotnost pro akumulaci

$$M = M_s + M_p = 1950 + 5468 = 7418 \text{ kg} \quad (3.27)$$

Snížení tepelných zisků dosazením do rovnice (3.24)

$$\Delta \dot{Q} = 0,05 \cdot 7418 \cdot 2 \doteq 740 \text{ W}$$

Tepelný zisk sluneční radiací okny zmenšený o akumulaci

$$\dot{Q}_{or16z} = \sum \dot{Q}_{or16} - \Delta \dot{Q} = 755 + 485 - 740 \doteq 500 \text{ W} \quad (3.28)$$

Skutečný tepelný zisk sluneční radiací

Za tento zisk se považuje větší z hodnot ( $\dot{Q}_{orm}$ ,  $\dot{Q}_{or16z}$ )

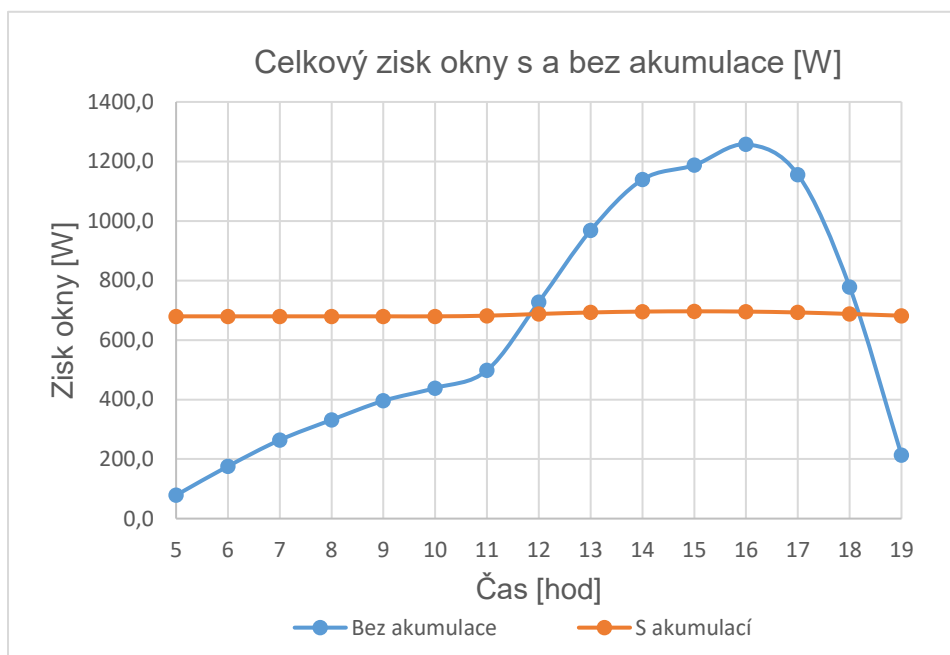
$$\dot{Q}_{orsk} = 680 \text{ W}$$

Výsledný tepelný zisk okny

$$\dot{Q}_{OK} = \dot{Q}_{orsk} + \dot{Q}_{okk} = 680 + 20 = 700 \text{ W} \quad (3.29)$$

U novostaveb ovšem nemusí přes noc dojít k vybití naakumulované energie, a proto je při návrhu výkonu chladicího zařízení vhodné na toto myslet.

Pro porovnání jsou v následujícím grafu znázorněny celkové tepelné zisky okny s uvažováním a bez uvažování akumulace. Je zřejmé, že zisky s uvažovanou akumulací jsou v průběhu sledované doby více méně stejné a pohybují se okolo hodnoty 680 W. Naopak zisky bez akumulace jsou na počátku a na konci sledované doby velmi nízké, ale v době očekávaných maximálních zisků dosahují hodnoty 1260 W.



Graf 3.2 - Porovnání tepelných zisků okny s a bez akumulace

### Tepelný zisk vnějšími stěnami, podlahou a střechou

- a) Vnějšími stěnami – stěny mají i s omítkou tloušťku 46 cm. Řadí se tedy mezi stěny těžké, pro které lze využít vzorec:

$$\dot{Q}_{vs} = U \cdot S \cdot (t_{rm} - t_i) \quad [W] \quad (3.30)$$

Kde:

$t_{rm}$  [°C] je průměrná rovnocenná sluneční teplota vzduchu za 24 hodin

Za  $t_{rm}$  z normy:  $t_{rmJZ} = 30,2^\circ$  a za  $t_{rmSZ} = 27,8$

JZ:  $\dot{Q}_{vsJZ} = 0,19 \cdot 11,91 \cdot (30,2 - 26) \doteq 10 \text{ W}$

SZ:  $\dot{Q}_{vsJV} = 0,19 \cdot 8,2 \cdot (27,8 - 26) \doteq 3 \text{ W}$

$$\dot{Q}_{cs} = 10 + 3 \doteq 13 \text{ W} \quad (3.31)$$

- b) Podlahou

$$\dot{Q}_{cp} = U \cdot S_{podl} \cdot (t_{zeminy} - t_i) = 0,41 \cdot 21,87 \cdot (15 - 26) = -98,6 \text{ W} \quad (3.32)$$

Pozn. záporné zisky lze do -100 W zanedbat

c) Střechou (terasou)

$$\dot{Q}_{st} = U \cdot S_{střechy} \cdot [(t_{rm} - t_i) + m \cdot (t_{r\psi} - t_{rm})] \quad [W] \quad (3.33)$$

Kde:

$m$  [-] je součinitel zmenšení teplotního kolísání při prostupu tepla

$t_{r\psi}$  [°C] je rovnocenná sluneční teplota v době o  $\Psi$  dřívejší

Za  $t_{rmHOR}$  z normy:  $t_{rmHOR} = 33,6^\circ$

$$\Psi \doteq 32 \cdot \delta_s - 0,5 = 32 \cdot 0,4 - 0,5 \doteq 12 \text{ hod} \quad (3.34)$$

Kde:

$\delta_s$  [m] je tloušťka v našem případě střechy (terasy),  $\delta_s = 0,4 \text{ m}$

Za  $t_{r\psi}$  z normy:  $t_{r\psi} = 16,2^\circ\text{C}$

$$m \doteq \frac{1 + 7,6 \cdot \delta_s}{2500^{\delta_s}} = \frac{1 + 7,6 \cdot 0,4}{2500^{0,4}} \doteq 0,177 \quad (3.35)$$

$$\dot{Q} = 0,24 \cdot 21,87 \cdot [(33,6 - 26) + 0,177 \cdot (16,2 - 33,6)] \doteq 20 \text{ W}$$

Celkové tepelné zisky vnější konstrukcí

$$\dot{Q}_{ck} = 13 + 20 = 33 \text{ W}$$

#### Tepelné zisky větráním

Tepelný zisk z přívodu čerstvého vzduchu pro 3 osoby [2]

$$\dot{Q}_l = V_a \cdot \rho_a \cdot c_a \cdot [t_e - (t_i + \Delta t_i)] \quad [W] \quad (3.36)$$

$$\dot{Q}_l = \frac{3 \cdot 25}{3600} \cdot 1,165 \cdot 1011,3 \cdot [29,8 - (26 + 2)] \doteq 45 \text{ W}$$

Kde:

$V_a$  [m<sup>3</sup>] je objem přiváděného vzduchu (na osobu počítáno 25 m<sup>3</sup>)

$\rho_a$  [kg/m<sup>3</sup>] je hustota vzduchu

$c_a$  [J/kg · K] je měrná tepelná kapacita vzduchu

V případě tohoto výpočtu nejsou uvažovány žádné významné zdroje páry

#### Součet tepelných zisků z vnějšího prostředí

Tab. 3.3 - Tepelné zisky z vnějšího prostředí

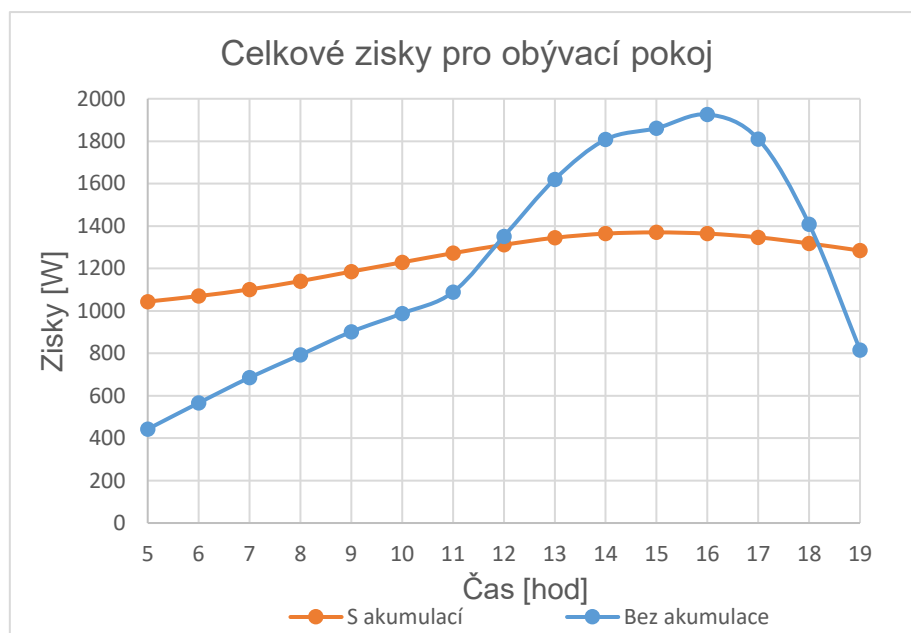
|                    |       |                      |        |
|--------------------|-------|----------------------|--------|
| Okny (s akumulací) | 700 W | Okny (bez akumulace) | 1260 W |
| Vnější konstrukcí  | 33 W  | Vnější konstrukcí    | 33 W   |
| Větráním           | 45 W  | Větráním             | 45 W   |
| Celkem s akumulací | 778 W | Celkem bez akumulace | 1338 W |

Celkové tepelné zisky v 16 hod SEČ v obývacím pokoji

Tab. 3.4 - Celkové tepelné zisky v 16 hodin SEČ

|                                  |        |                                    |        |
|----------------------------------|--------|------------------------------------|--------|
| Z vnitřního prostředí            | 590 W  | Z vnitřního prostředí              | 590 W  |
| Z vnějšího prostředí s akumulací | 780 W  | Z vnějšího prostředí bez akumulace | 1340 W |
| Celkem s akumulací               | 1370 W | Celkem bez akumulace               | 1930 W |

V následujícím grafu jsou znázorněny celkové tepelné zisky v průběhu sledované doby.



Graf 3.3 - Průběh tepelných zisků pro sledovanou dobu pro obývací pokoj

Zhodnocení výsledků výpočtu pro obývací pokoj:

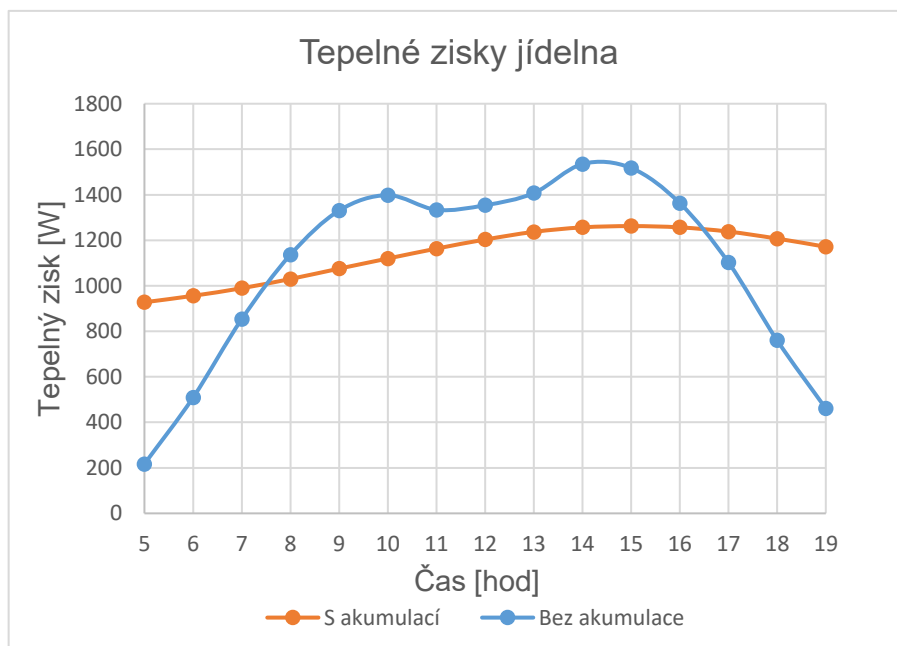
Z grafu 3.3 je zřejmé, že maximální tepelné zisky s uvažováním akumulace nastávají v 15 hodin a činí přibližně 1375 W. Bez uvažování akumulace nastávají maximální zisky v 16 hodin a činí 1930 W. Tato hodnota se od zisků ve stejnou dobu s uvažováním akumulace liší přibližně o 560 W. Je tedy dobré při návrhu uvažovat raději vyšší zisky bez uvažování akumulace. Z výpočtu je zřejmé, že největší podíl z celkového tepelného zisku místnosti tvoří zisk okny radiací. Při výpočtu je uvažováno stínění zatím pouze závěsy. Tento zisk lze případně značně snížit instalací například vnějších žaluzií.

**3.2 Ostatní místnosti**

Pro ostatní místnosti, které mají být chlazeny, byly podrobné výpočty provedeny v Excelu. Tabulky s výsledky výpočtů jsou uvedeny v příloze této práce. V této podkapitole jsou pouze shrnuty výsledky těchto výpočtů.

### 3.2.1 Jídelna

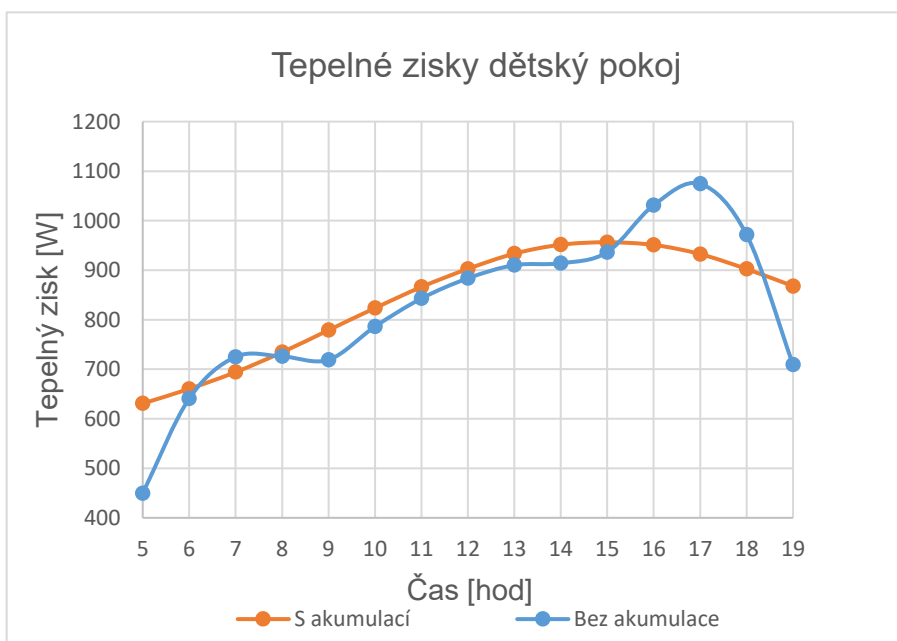
V jídelně je uvažován pobyt 1 muže, 1 ženy a 1 dítěte. Z grafu 3.4 je patrné, že maximální tepelný zisk s uvažováním akumulace nastává v 15 hodin a činí přibližně 1265 W. Bez uvažování akumulace maximální tepelný zisk nastává ve 14 hodin a činí přibližně 1540 W.



Graf 3.4 - Tepelné zisky jídelna

### 3.2.2 Dětský pokoj

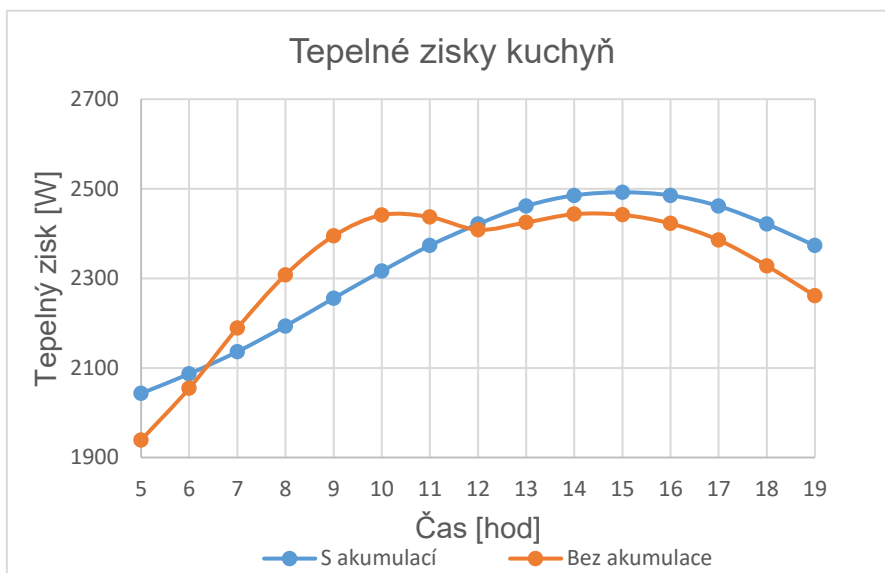
V dětském pokoji je uvažován pobyt dítěte i obou rodičů. S akumulací činí největší tepelný zisk v 15 hodin 955 W a bez akumulace v 17 hodin 1075 W.



Graf 3.5 - Tepelné zisky dětský pokoj

### 3.2.3 Kuchyň

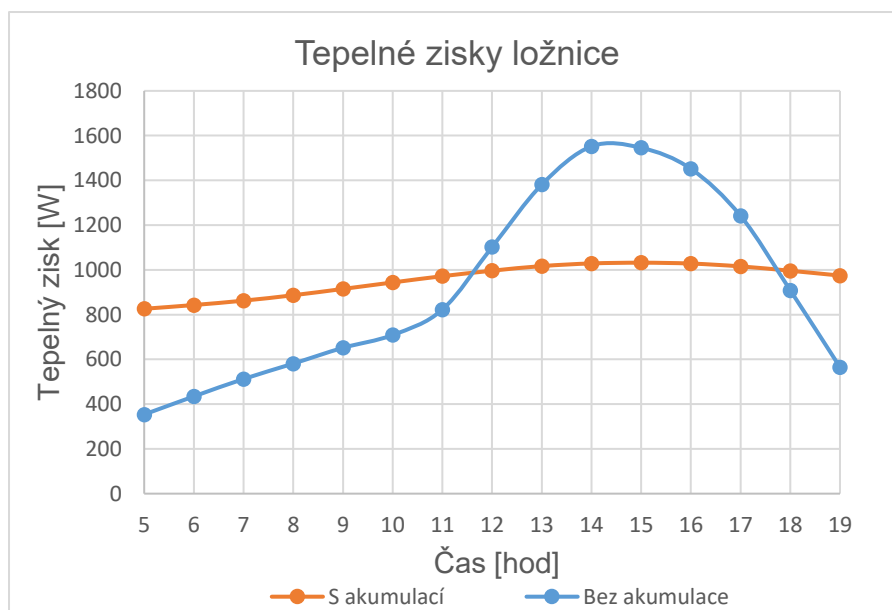
V kuchyni tvoří největší podíl na tepelných ziscích zisk z vnitřního prostředí, konkrétně od spotřebičů. Jelikož jsou v kuchyni pouze 2 okna o malé ploše, není tepelný zisk okny tolik podstatný, jako u ostatních místností. Jak je možné vidět v grafu 3.6 s uvažováním akumulace největší tepelné zisky nastávají v 15 hodin a činí přibližně 2490 W. Bez uvažování akumulace největší tepelné zisky nastávají v 14 hodin a činí 2440 W.



Graf 3.6 - Tepelné zisky kuchyň

### 3.2.4 Ložnice

V ložnici je uvažován pobyt jednoho muže a jedné ženy. Maximální tepelné zisky nastávají s uvažováním akumulace v 15 hodin a činí přibližně 1035 W, bez akumulace nastávají ve 14 hodin a činí přibližně 1555 W.



Graf 3.7 - Tepelné zisky ložnice



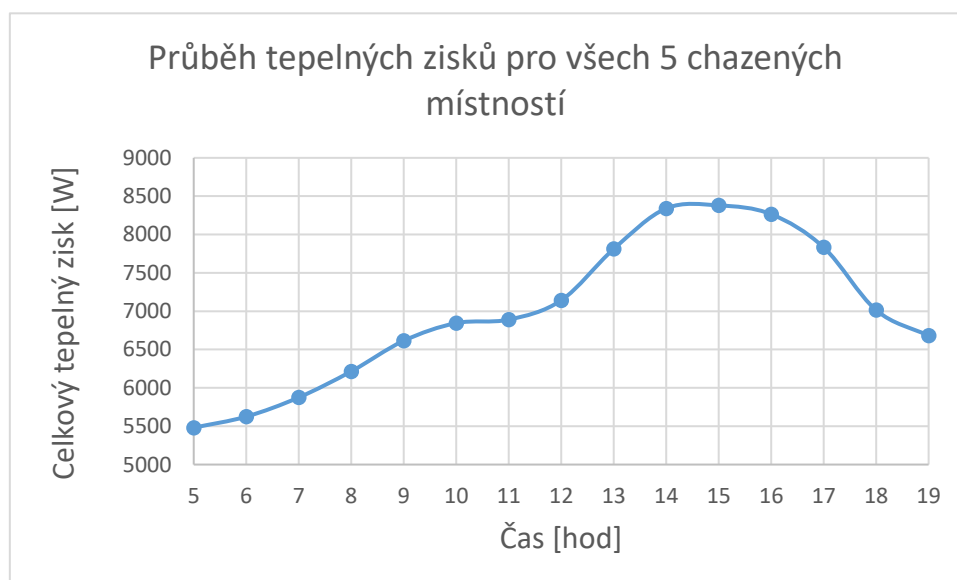
### 3.3 Shrnutí výsledků

V následující tabulce jsou znázorněny maximální hodnoty tepelných zisků pro jednotlivé místnosti, které jsou rozhodující pro správný výběr chladicího výkonu jednotlivých zařízení.

Tab. 3.5 - Maximální tepelné zisky pro jednotlivé místnosti

| Pokoj         | Čas [hod] | Maximální tepelný zisk [W] |
|---------------|-----------|----------------------------|
| Obývací pokoj | 16        | 1930                       |
| Jídelna       | 14        | 1540                       |
| Kuchyň        | 15        | 2490                       |
| Ložnice       | 14        | 1555                       |
| Dětský pokoj  | 17        | 1075                       |

V následujícím grafu je znázorněn průběh tepelných zisků po sledovanou dobu pro všech pět místností, které mají být chlazeny.



Graf 3.8 - Průběh tepelných zisků pro všech 5 chlazených místností



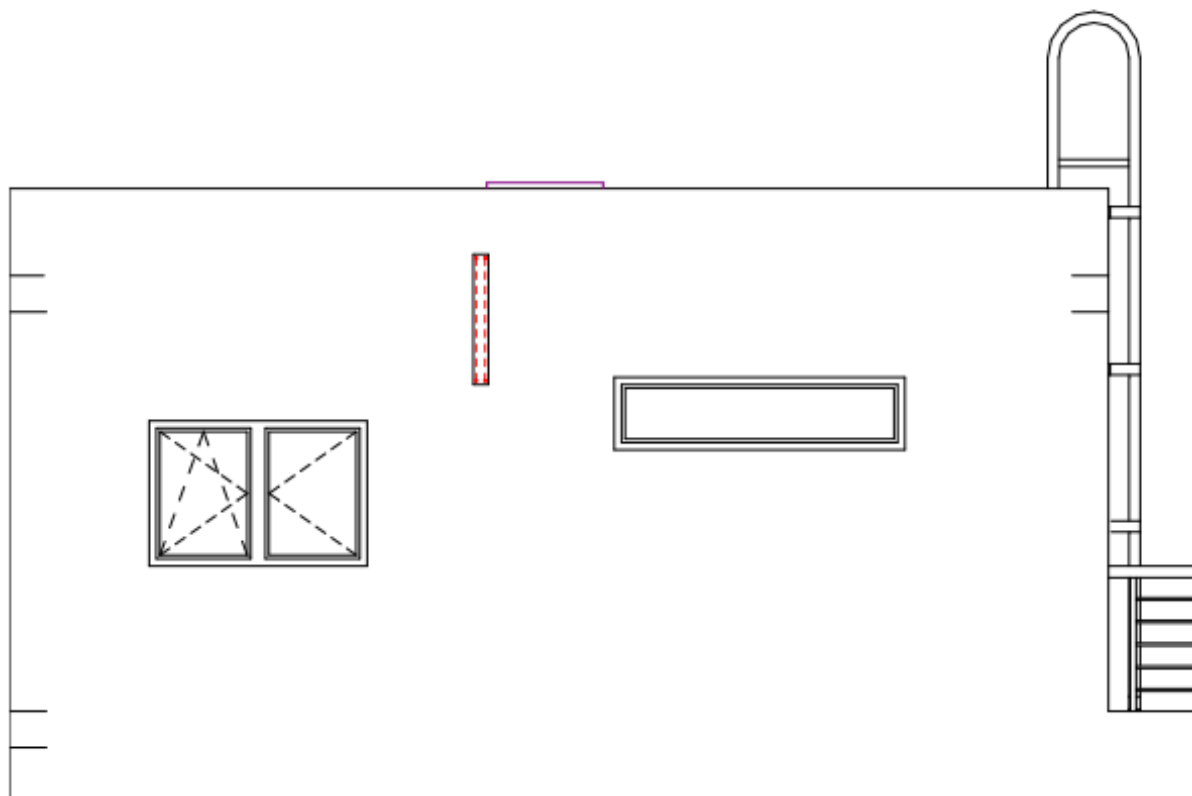
## 4 NÁVRH CHLAZENÍ RODINNÉHO DOMU

V této kapitole byly vytvořeny 2 různé návrhy způsobů chlazení vybraného rodinného domu. V prvním bylo využito dvou multi-splitů od značky Toshiba a následně byla porovnána cena za nákup a roční provoz a také různé funkce pro stejnou instalaci, ovšem s výrobky od značky Mitsubishi. Ve druhém návrhu byla uvažována instalace tepelného čerpadla od značky Samsung, které jako první v Evropě využívá pouze jednu venkovní jednotku, fungující na principu vzduch/voda i vzduch/vzduch [29].

### 4.1 Chlazení pomocí dvou multi-splitů od značky Toshiba/Mitsubishi

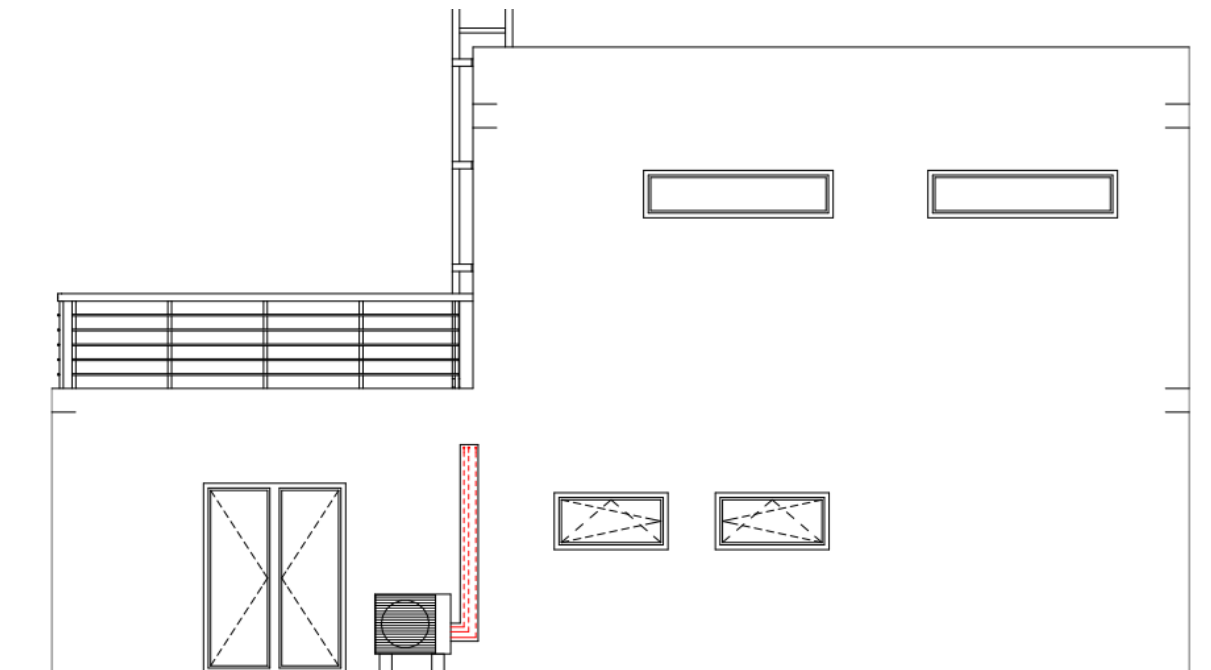
V prvním způsobu chlazení bylo navrženo využití 2 multi-splitových klimatizací (tepelných čerpadel vzduch/vzduch) primárně od značky Toshiba a následně bylo provedeno porovnání pro stejnou instalaci se zařízeními od značky Mitsubishi. Pro obě venkovní jednotky je třeba zajistit 16 ti ampérový jistič. Elektrický přívod je třeba zajistit pouze k vnějším jednotkám. Potřebné vedení je instalováno v drážkách vytvořených ve zdi a následně zapěněno a skryto pod fasádou nebo vnitřní omítkou. Ve všech rozvodech je využito nové chladivo R 32. Jelikož jsou multi-splity konstruovány jako tepelné čerpadlo vzduch/vzduch, je případně možné jejich využití také v chladných dnech ročního období pro přitápění [30].

První venkovní jednotka je umístěna na střeše nad ložnicí. Způsob části vedení je možné vidět na obr. 4.1. Na tuto jednotku jsou napojeny dvě vnitřní jednotky pro ložnici a dětský pokoj. Vedení je od venkovní jednotky protaženo otvorem v obezdění na střeše, vedeno v drážce ve vnější straně zdi směrem dolů, k vnější stěně ložnice a protaženo do ložnice. Při tomto zapojení je nutné použít čerpadlo pro odvod kondenzátu v případě, že bude kondenzát odveden k venkovní jednotce a zde sveden do odvodu ze střechy. Druhou možností je vyvedení kondenzátu v místě, kde vedení vstupuje do ložnice.



Obr. 4.1 - Umístění první venkovní jednotky

Druhá venkovní jednotka je umístěna na konzoli na zemi, jak je zřejmé z obr. 4.2. Na tuto jednotku jsou napojeny 3 vnitřní jednotky pro kuchyň, jídelnu a obývací pokoj. V tomto případě je odvod kondenzátu sveden od jednotky v kuchyni a jídelně pomocí samospádu k venkovní jednotce. Pro jednotku v obývacím pokoji je nutné využít pro odvod kondenzátu k venkovní čerpadlo.



Obr. 4.2 - Umístění druhé venkovní jednotky

Vedení k jednotlivým vnitřním jednotkám je tvořeno vždy dvěma izolovanými měděnými potrubími pro kapalné a plynné chladivo a rozvodem kabeláže. Dále je třeba od vnitřních jednotek zajistit napojení odvodu kondenzátu.

Konkrétní umístění venkovních a především vnitřních jednotek je znázorněno ve výkresech číslo 1, 2 a 3, které tvoří přílohu této práce (P8, P9 a P10). Jednotlivé typy a výkony vnitřních a vnějších jednotek jsou uvedeny v tab. 4.1. V tomto návrhu je porovnávána cena při instalaci dražších vnitřních jednotek Daiseikai 9 a levnějších jednotek Mirai [30].

Tab. 4.1 - Konkrétní typy a chladicí výkony jednotek [30]

| Typ jednotky  | Jmenovitý/maximální chladicí výkon [kW] |
|---|---|
| venkovní jednotka Toshiba (pro napojení 3 vnitřních)<br>RAS-3M26U2AVG-E | 7,5/9                                   |
| venkovní jednotka Toshiba (pro napojení 2 vnitřních)<br>RAS-2M18U2AVG-E | 5,2/6,2                                 |
| vnitřní jednotky Daiseikai 9 Toshiba<br>RAS-M10PKVPG-E                  | 2,5/3,5                                 |
| vnitřní jednotky Mirai Toshiba<br>RAS-B10BKVG-E                         | 2,5/3                                   |

### 4.1.1 Venkovní jednotky

V návrhu byly zvoleny dvě multi-splitové venkovní jednotky, které jsou stejného typu, ale liší se svým chladicím výkonem. Venkovní jednotka je zobrazena na obr. 4.3. Samozřejmostí je plně invertorová technologie pro plynulé řízení výkonu. Další výhodou je dvoustupňový rotační kompresor, který se vyznačuje vyšší účinností, nižší spotřebou a delší životností než jednostupňové [30].



Obr. 4.3 - Venkovní jednotka Toshiba [31]

### 4.1.2 Vnitřní jednotky

Instalované vnitřní jednotky jsou v jednotlivých návrzích vždy stejného typu i chladicího výkonu. Pro porovnání možných funkcí a ceny byly vybrány dva různé typy nástěnných jednotek od stejného výrobce, a to nejlevnější základní model Mirai a nový model Daiseikai 9, nabízející spoustu přídavných funkcí.

#### Mirai

Tento typ vnitřní nástěnné jednotky, znázorněn na obr. 4.4, je základním modelem nástěnných jednotek od výrobce Toshiba. U tohoto zařízení je standardní výbavou pouze základní prachový filtr. Model nabízí možnost využití samočisticí funkce, nastavení několika různých režimů, jako například: AUTO, HI POWER nebo ECO. Dále je zde možné napojení zařízení na wifi, využití nastavení vypnutí za určitý čas a automatický restart po výpadku elektrického proudu [30].



Obr. 4.4 - Vnitřní jednotka Mirai [31]

### Daiseikai 9

Tento model, znázorněný na obr. 4.5, je jedním z nejlépe vybavených typů nástěnných jednotek od Toshiba. Kromě všeho, co obsahuje a umožňuje již výše zmíněný model Mirai, tyto jednotky obsahují navíc ionizátor vzduchu a plazmový elektrostatický filtr. Disponují možností týdenního naprogramování a kromě výše zmíněných režimů AUTO, HI POWER pro maximální okamžitý výkon a ECO Mode pro úsporný režim, nabízejí ještě možnost využití režimu QUIET Mode pro tichý chod nebo COMFORT SLEEP pro klidný spánek. V chladnějších měsících je možné využití režimu Krb [30].



Obr. 4.5 - Vnitřní nástěnná jednotka Daiseikai 9 [31]

#### 4.1.3 Finanční náklady

V této podkapitole byly rozepsány předpokládané finanční náklady na nákup všech jednotek, instalaci, instalační materiál, revize a následný provoz. Cenovou nabídku, kterou je možné vidět v tab. 4.2, pro tento návrh vyhotovila pardubická firma AC & HS, s. r. o.

Přibližná celková spotřeba elektrické energie pro jeden rok při využívání zařízení pouze pro chlazení cca 353 hodin v roce byla stanovena s uvažováním jmenovitého chladicího výkonu jednotek a SEER přibližně dle [31] na 713 kWh/rok. V příloze této práce (P6 a P7) jsou zobrazeny grafy pro určení SEER pro jednotlivé venkovní jednotky Toshiba dle zdroje [31]. Celková spotřeba energie pro chlazení je zatím pouze odhadnuta a může se lišit. Záleží například na čase využívání jednotlivých jednotek a potřebném chladicím výkonu. Pokud by byly instalovány vnější žaluzie, které značně sníží tepelný zisk, spotřeba elektrické energie by se tímto také snížila.

Pokud je uvažována sazba D 57d (dvoutarifová sazba pro vytápění topným elektrickým spotřebičem a operativním řízením doby platnosti nízkého tarifu po dobu 20 hodin) je cena za 1 kWh při odběru elektřiny od skupiny ČEZ ve vysokém tarifu 2,37 Kč a v nízkém 2,30 Kč včetně DPH (v této ceně nejsou zahrnuty další poplatky za jistič a ostatní služby) [32].

Průměrná cena kWh je tedy:

$$\frac{20 \cdot 2,30 + 4 \cdot 2,37}{24} = 2,31 \text{ Kč} \quad (4.1)$$

Roční cena za provoz tepelných čerpadel pouze v režimu chlazení tedy činí přibližně:

$$713 \cdot 2,31 \doteq 1646 \text{ Kč} \quad (4.2)$$

Revize nejsou u těchto jednotek dle současné legislativy povinné. Případná cena jedné revize činí 1725 Kč včetně DPH a založení revizní knihy 575 Kč včetně DPH.

Tab. 4.2 - Cenová nabídka od firmy AC &amp; HS, s. r. o.

| Označení   | Množství           | Cena za j. včetně DPH | Cena celkem   |
|--|--------------------|-----------------------|---------------|
| Venkovní jednotka Toshiba pro napojení 3 vnitřních RAS-3M26U2AVG-E | 1 ks               | 54 596,25 Kč          | 54 596,25 Kč  |
| Venkovní jednotka Toshiba pro napojení 2 vnitřních RAS-2M18U2AVG-E | 1 ks               | 35 034,75 Kč          | 35 034,75 Kč  |
| Vnitřní jednotka Mirai Toshiba RAS-M10PKVPG-E                      | 5 ks               | 7 825,45 Kč           | 39 127,25 Kč  |
| Konzole venkovní jednotky  | 2 ks               | 1 667,50 Kč           | 3 335,00 Kč   |
| Montáž vnitřní jednotky  | 5 ks               | 1 437,50 Kč           | 7 187,50 Kč   |
| Montáž venkovní jednotky   | 2 ks               | 1 725,00 Kč           | 3 450,00 Kč   |
| Vakuování, plnění a odvzdušnění                                    | 2 kpl <sup>2</sup> | 570,00 Kč             | 1 150,00 Kč   |
| Elektroinstalace a zapojení  | 1 kpl              | 2 300,00 Kč           | 2 300,00 Kč   |
| Ostatní drobný materiál  | 1 kpl              | 2 300,00 Kč           | 2 300,00 Kč   |
| Cu potrubí (sada pro plyn i kapalinu) + pokládka                   | 21 m               | 402,50 Kč             | 8 452,50 Kč   |
| Potrubí pro kondenzát + pokládka                                   | 21 m               | 92,00 Kč              | 1 932,00 Kč   |
| Řídicí kabel 4x1,5 CYKY + pokládka                                 | 21 m               | 92,00 Kč              | 1 932,00 Kč   |
| Čerpadlo kondenzátu MiniBlue                                       | 3 ks               | 3 333,00 Kč           | 9 999,00 Kč   |
| Součet s Mirai jednotkami  |                    |                       | 170 796,00 Kč |

Při instalaci vnitřních jednotek Daiseiki 9 činí cena za 1 ks 14 355,45 Kč a celková cena činí 203 446,00 Kč.

#### 4.1.4 Zhodnocení návrhu se značkou Toshiba

Výsledná cena při porovnání instalací dvou různých typů nástěnných jednotek se v tomto případě liší o cca 30 000 Kč, avšak dražší jednotky Daiseikai 9 nabízí mnoho užitečných funkcí, které majitel v domě ocení. Je zde možnost napojení jednotek Mirai v místnostech, ve kterých není potřeba využívat přídatné funkce, jako například QUIET mode. Například v kuchyni by tedy mohla být instalována jednotka Mirai a naopak v ložnici či dětském pokoji Daiseikai 9. Instalace pouze jedné venkovní jednotky by byla vhodná na terase, což si majitel nepřeje, nebo případně na střeše. U této varianty by bylo třeba instalovat delší vedení a vytvářet průrazy do střechy a stropů. Jelikož umístění venkovních jednotek nijak zvlášť nekaží celkový vzhled domu (jedna se nachází na střeše a druhá za domem) je v tomto případě využití dvou multi-splitů vhodnější. Navržený výkon vnitřních jednotek pokryje i teplo vyprodukované ventilátorem ve vnitřních jednotkách.

<sup>2</sup> Zkratka kpl – komplet, kompletní dodávka

#### 4.1.5 Porovnání pro značku Mitsubishi

Pro porovnání funkcí a cen za nákup venkovních a vnitřních jednotek byla následně zvolena ještě zařízení od výrobce Mitsubishi. Cena za instalaci v tomto případě není znovu rozepisována. Vždy záleží na konkrétní firmě, která instalaci provádí. V tomto porovnání je zohledněna především nákupní cena, roční spotřeba jednotek a jednotlivé funkce.

Opět byly zvoleny dva typy vnitřních jednotek (základní a luxusní typ), oba s využitím chladiva R32. Jednotlivá zařízení jsou spolu s chladicími výkony a cenami vypsána v tab. 4.3 [33].

Tab. 4.3 - Přehled jednotek Mitsubishi

| Typ   | Chladicí výkon (min – max)<br>[kW] | Cena včetně DPH<br>[Kč] |
|---|------------------------------------|-------------------------|
| Venkovní jednotka MXZ-2F53 VF<br>(napojení 2 vnitřních) | 1,1 – 5,6                          | 42 600                  |
| Venkovní jednotka MXZ-3F68 VF<br>(napojení 3 vnitřních) | 2,9 – 8,4                          | 50 600                  |
| Vnitřní jednotka základní MSZ-AP25VG                    | 0,9 – 3,4                          | 10 100                  |
| Vnitřní jednotka DAIMOND MSZ-LN25VGV                    | 1,0 – 3,5                          | 14 900                  |

#### Základní vnitřní jednotka

Tato vnitřní jednotka, zobrazena na obr. 4.6, je základním typem. Má zabudovaný stříbrný iontový filtr, který ze vzduchu odstraňuje pachy, bakterie a alergen. Ovládání je možné s ovladačem nebo pomocí telefonu či počítače při napojení jednotky na wifi. Jednotka nabízí režim ECONO COOL pro ušetření energie při provozu nebo Silent pro tichý chod. Je možné nastavit zapnutí a vypnutí jednotky v určitý čas nebo ji přímo naprogramovat na celý týden. Samozřejmě je i restart po výpadku elektrického proudu [34].



Obr. 4.6 - Základní typ vnitřní nástěnné jednotky Mitsubishi [34]

#### Vnitřní jednotka Daimond

Tato jednotka disponuje vším, co již bylo zmíněno u základního typu. Navíc však obsahuje kvalitnější filtr Plasma Quad Plus, 3D senzor I SEE, který detekuje pohyb osob v místnosti, a dokáže tak směřovat ochlazený vzduch mimo osoby, nebo pokud se v místnosti osoby nevykytují, snížit výkon chlazení a při detekci osob jej opět zvýšit. Existuje také možnost volby funkce NATURAL FLOW, při které jednotka napodobuje vánek v přírodě. U této varianty lze



také zvolit jedno ze čtyř barevných provedení (přírodní či perleťově bílá, černá nebo červená). V červeném provedení je jednotka zobrazena na obr. 4.7 [34].



Obr. 4.7 - Vnitřní nástěnná jednotka Daimond Mitsubishi [34]

### Cenový rozdíl ve spotřebě energie a pořizovací ceně

Porovnání ceny za nákup jednotlivých jednotek je znázorněno v tab. 4.5. Co se týká roční spotřeby energie, dá se předpokládat o něco nižší spotřeba u výrobků společnosti Mitsubishi, jelikož je výrobcem udáván vyšší ESEER.

Tab. 4.4 - Porovnání spotřeby Toshiba vs. Mitsubishi

| Typ                      | Jmenovitý chladicí výkon [kW] | ESEER [-] |
|--------------------------|-------------------------------|-----------|
| Toshiba pro 3 vnitřní    | 7,5                           | 5,93      |
| Toshiba pro 2 vnitřní    | 5                             | 6,62      |
| Mitsubishi pro 3 vnitřní | 6,8                           | 8,51      |
| Mitsubishi pro 2 vnitřní | 5,3                           | 8,53      |

Spotřeba

$$X = \frac{PH \cdot P_{chl}}{ESEER} \quad (4.3)$$

Kde:

$P_{chl}$  [kW] je chladicí výkon zařízení

$PH$  [hod] je předpokládaný počet hodin za rok, kdy bude zařízení v provozu

Spotřeba pro Toshiba

$$X_T = \frac{353 \cdot 7,5}{5,93} + \frac{353 \cdot 5}{6,62} = 446,5 + 266,6 \doteq 713 \text{ kWh}$$

Cena za provoz s uvažováním 2,31 Kč/kWh

$$C_T = 713 \cdot 2,31 = 1647 \text{ Kč}$$

Spotřeba pro Mitsubishi

$$X_M = \frac{353 \cdot 6,8}{8,51} + \frac{353 \cdot 5,3}{8,53} = 282 + 219 \doteq 501 \text{ kWh}$$

Cena za provoz s uvažováním 2,31 Kč/kWh

$$C_M = 501 \cdot 2,31 = 1157 \text{ Kč}$$

Při ročním provozu jednotek Mitsubishi v režimu chlazení je úspora nákladů za elektrickou energii oproti zařízení Toshiba cca 500 Kč. Revize u tohoto zapojení také nejsou nutné a jejich případná cena záleží na konkrétní firmě.

Tab. 4.5 - Cenové porovnání Toshiba vs. Mitsubishi

| Toshiba                          |                      | Mitsubishi                           |                      |
|----------------------------------|----------------------|--------------------------------------|----------------------|
| Typ                              | Cena včetně DPH [Kč] | Typ                                  | Cena včetně DPH [Kč] |
| Venkovní jednotka pro 2 vnitřní  | 35 000               | Venkovní jednotka pro 2 vnitřní      | 42 600               |
| Venkovní jednotka pro 3 vnitřní  | 54 600               | Venkovní jednotka pro 3 vnitřní      | 50 600               |
| 5 vnitřních jednotek Mirai       | 39 000               | 5 vnitřních jednotek základního typu | 50 500               |
| 5 vnitřních jednotek Daiseikai 9 | 71 800               | 5 vnitřních jednotek Diamond         | 74 500               |
| Celkem (s Mirai)                 | 128 600              | Celkem (se základním typem)          | 143 700              |
| Celkem (s Daiseikai 9)           | 161 400              | Celkem (s Diamond)                   | 167 700              |

#### 4.1.6 Celkové porovnání Toshiba vs. Mitsubishi

Při porovnání cen za nákup jednotlivých jednotek je nejlevnější variantou nákup jednotek od značky Toshiba s vnitřními jednotkami Mirai a nejdražší variantou nákup zařízení od značky Mitsubishi s vnitřními jednotkami Diamond. Cenový rozdíl mezi nákupem s jednotkami Daiseikai 9 a Diamond ovšem není příliš vysoký. Cena za instalaci a případně i možnost slevy na nákup zařízení, záleží na výběru konkrétní firmy, která bude instalaci provádět. S ohledem na porovnání cen za provoz a lepší doplňkové funkce nástěnných jednotek Daimod od Mitsubishi byla v tomto případě jako nejlepší varianta vyhodnocena právě tato varianta instalace.

## 4.2 Chlazení pomocí tepelného čerpadla EHS TDM od značky Samsung

V tomto návrhu bylo využito tepelné čerpadlo od značky Samsung. Toto zařízení funguje s jednou venkovní jednotkou na principu vzduch/voda nebo vzduch/vzduch. Z venkovní jednotky vedou celkem tři měděná potrubí. Jedno pro kapalně chladiivo, které je společné pro napojení hydraulického boxu a vnitřních jednotek klimatizací a je rozděleno pomocí rozbočovače (takzvaného refnetu). Další dvě potrubí jsou pro plynné chladiivo. Jedno je napojeno na hydrobox a druhé je určeno pro napojení vnitřních jednotek. Chlazení na principu vzduch/vzduch je koncipováno jako VRF systém, kdy jsou pro rozvětřování potrubí využity buď refnety pro kanálové a parapetní jednotky, případně EEV Kity pro jednotky nástěnné. V případě parapetních a kanálových jednotek jsou elektronické expanzní ventily zabudovány jednotlivě v každé jednotce [29].

Toto tepelné čerpadlo lze tedy využít pro chlazení, ale i pro vytápění a ohřev teplé vody. K tomuto slouží napojení na hydrobox, a jeho následné napojení na otopnou soustavu a akumulární nádrž na TV. Tato část zapojení není v práci řešena.

Venkovní jednotka a hydraulický box vyžadují jištění na 16 ampér a napojení na 3 fáze [29]. V domě nebudou instalovány podhledy, tudíž není možné využití kanálových jednotek.

V tomto návrhu byla porovnána instalace nástěnných jednotek s využitím EEV Kitů a parapetních jednotek s využitím refnetů. Umístění venkovní jednotky a hydroboxu je v obou případech stejné. Venkovní jednotka je umístěna na konzoli na zemi 30 cm před vnější zdi technické místnosti a hydrobox je umístěn na vnitřní straně této zdi.

#### 4.2.1 Venkovní jednotka

Venkovní jednotka s označením AE120MXTPGH/EU má jmenovitý chladicí výkon 12 kW a je znázorněna na obr. 4.8. Na tuto jednotku lze připojit maximálně 5 vnitřních chladicích jednotek. Rozvody jsou plněny chladivem R410A [29].

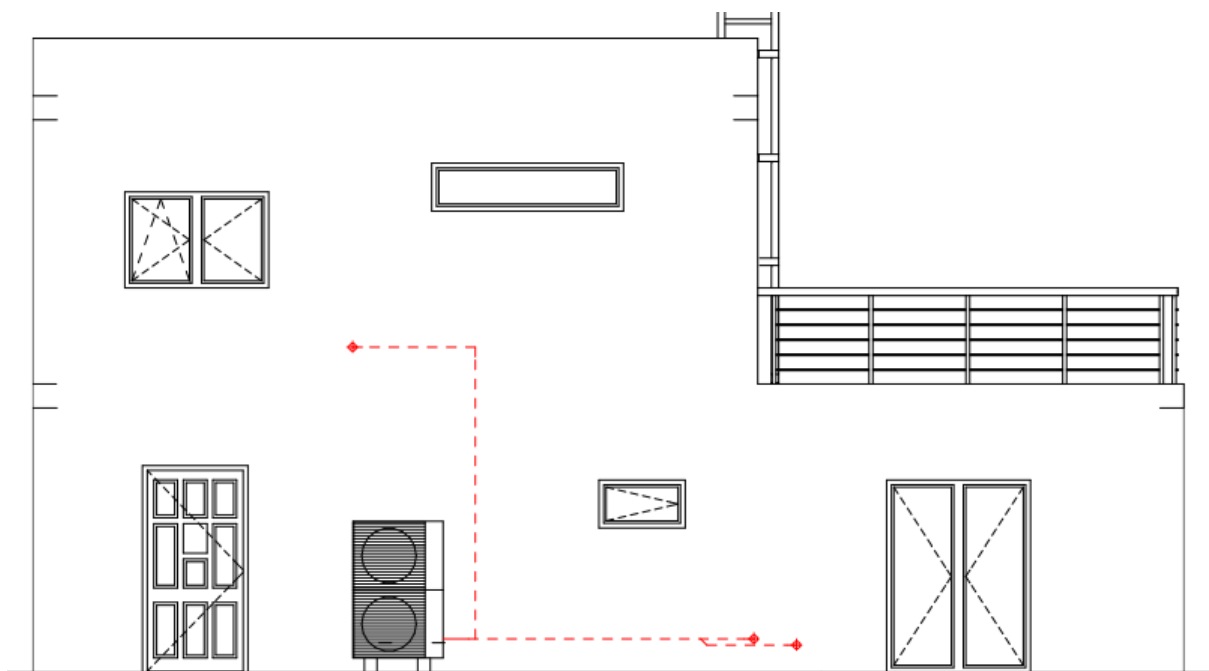


Obr. 4.8 - Venkovní jednotka Samsung [35]

#### 4.2.2 Zapojení s parapetními jednotkami

V dnešní době se především kvůli úspoře prostoru parapetní jednotky spíše neinstalují. Svě uplatnění nachází především v podkrovních místnostech, kde nástěnné instalovat nelze. Parapetní jednotky od značky Samsung ovšem dobře vypadají a umístění bylo zvoleno tak, aby neomezovaly rozmístění nábytku ani celkový prostor v místnostech. Zvolené parapetní jednotky lze vidět na obr. 4.10 vlevo. U parapetních jednotek jsou možné 2 směry výdechu vzduchu, a to směrem vzhůru a podél podlahy. V chladnějších měsících tak může spodní výdech simulovat podlahové topení. Rozmístění vnitřních jednotek je znázorněno ve výkresech číslo 4 a 5 v příloze této práce (P11 a P12). Vedení je instalováno ve spodní části zdi a jednotky jsou namontovány pár centimetrů nad zemí. Označení jednotek je AE022 (příp. 028) MNJDEH/EU, kde číslo 022 znamená chladicí výkon 2,2 kW. Tyto jednotky jsou instalovány v obývacím pokoji, jídelně, dětském pokoji a ložnici. Číslo 028 značí chladicí výkon 2,8 kW, jednotky instalované pouze v kuchyni [29].

Tento typ jednotky má tloušťku pouze 20 cm. Jednotka může fungovat v 5 různých režimech: vysoký, střední, nízký, klidný a eco pro čištění vzduchu. Dále lze využít samočisticí funkci a automatický restart po výpadku proudu. Velkou výhodou jak parapetních, tak nástěnných jednotek je systém Virus Doctor, který byl již popsán v rešeršní části této práce. Tyto jednotky v sobě nemají zabudované čerpadlo kondenzátu a je tedy třeba využít čerpadla od jiné značky, například MiniBlue [29]. Způsob vedení části rozvodů a umístění venkovní jednotky je možné vidět na obr. 4.9.



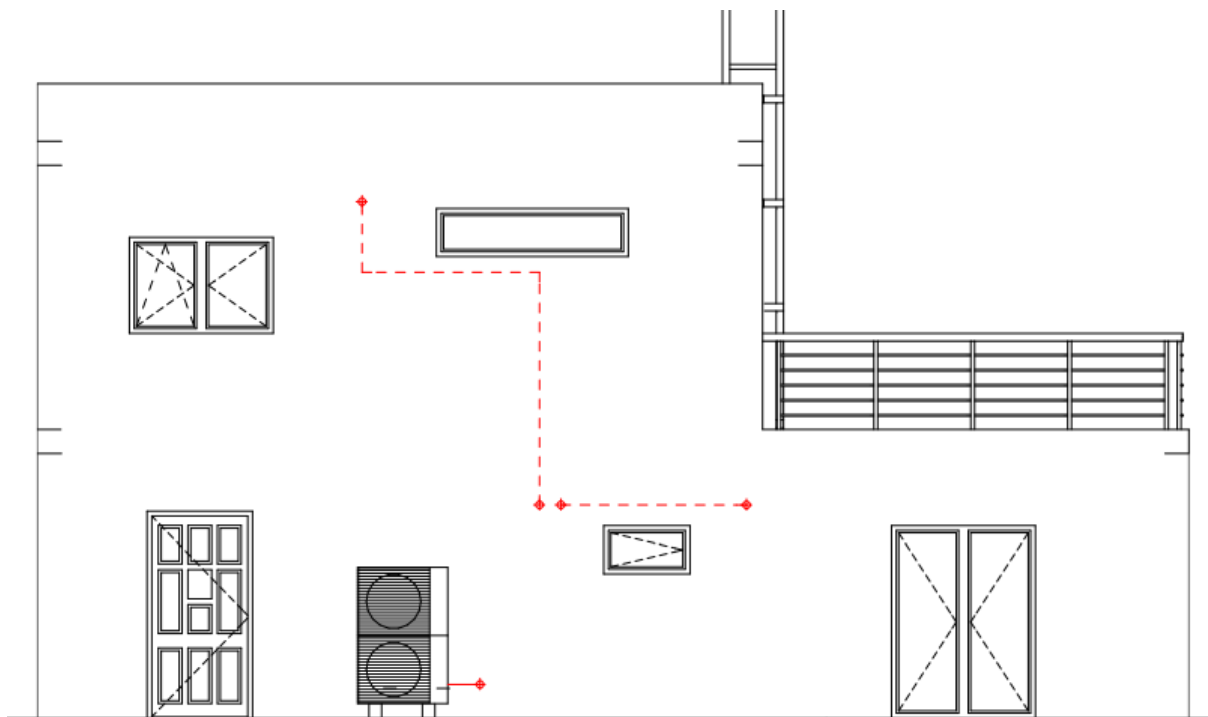
Obr. 4.9 - Venkovní j. EHS TDM Samsung, způsob vedení k parapetním jednotkám

#### 4.2.3 Zapojení s nástěnnými jednotkami

Při instalaci nástěnných jednotek je třeba nejprve instalovat takzvaný EEV Kit. EEV Kit je zařízení, na které se napojí vedení chladiva a zde dojde v tomto případě k rozdělení do 2 nebo 3 samostatných potrubí s požadovaným množstvím pro jednotlivé vnitřní jednotky pomocí elektronického expanzního ventilu. V tomto případě je třeba instalovat 2 EEV Kity. Jeden s dvěma výstupy pro napojení jednotky v ložnici a dětském pokoji a druhý se třemi výstupy pro jednotky v jídelně, obývacím pokoji a kuchyni. Tato zařízení jsou poměrně rozměrná, a proto jsou umístěna na stropě v technické místnosti. Nástěnnou jednotku lze vidět na obr. 4.10 vpravo. Tato jednotka obsahuje také systém Virus Doctor. Je možné využít režim 2 STEP COOLING, který v případě nutnosti místnost nejprve velmi rychle ochladí a následně chladicí výkon sníží a dále již pouze udržuje požadovanou teplotu, bez nutnosti jakéhokoliv nastavování. Jednotku je také možné ovládat při napojení na wifi pomocí telefonu. S touto jednotkou je možné vzduch chladit, ohřívat a odvlhčovat [29]. Způsob vedení části rozvodů a umístění venkovní jednotky je možné vidět na obr. 4.11. Umístění vnitřních jednotek je znázorněno ve výkresech číslo 6 a 7, které jsou součástí přílohy (P13 a P14).



Obr. 4.10 - Vlevo Parapetní jednotka Samsung, vpravo nástěnná jednotka Samsung [35]



Obr. 4.11 - Venkovní j. EHS TDM Samsung, způsob vedení k nástěnným jednotkám

#### 4.2.4 Finanční náklady

Pro tento návrh cenovou nabídku vyhotovila firma Baxx, s. r. o., která sídlí v Praze. Firmy v okolí Pardubic zatím toto tepelné čerpadlo nenabízejí. V době instalace by tedy bylo třeba zjistit, zda je již toto TČ v nabídce poblíž nebo je třeba připočíst navíc náklady na dopravu. U tohoto zařízení jsou již nutné jednou ročně revize chladivového systému. Cena jedné revize činí cca 1 500 Kč. Cena za roční servis činí také cca 1 500 Kč. V následujících dvou tabulkách je možné vidět celkové pořizovací náklady pro instalaci s nástěnnými a parapetními vnitřními jednotkami. Cena je vždy stanovena bez a s instalací hydroboxu, který je potřebný pro ohřev TV a vytápění. Při porovnání nákladů pouze pro chlazení tedy není nutné hydrobox uvažovat. Naopak výhodou je využití venkovní jednotky pro chlazení i vytápění a ohřev TV. Při předchozím návrhu s multi-splity je třeba systém vytápění domu řešit odděleně nebo topit pouze nástěnnými jednotkami.

Stanovení roční spotřeby pro chlazení A2A není v tomto případě dobře možné, jelikož se podařilo dohledat pouze EER pro teplotu venkovního vzduchu 35 °C a vnitřního 27 °C. Pro stanovení spotřeby a porovnání nákladů na provoz by bylo třeba výpočet provést s více známými EER pro více konkrétních provozních podmínek nebo se znalostí ESEER. Hodnota EER pro výše uvedené podmínky je pro Samsung EHS TDM 3,46 a pro Toshiba s venkovní jednotkou pro napojení 2 vnitřních jednotek 3,42 a pro napojení 3 vnitřních jednotek 3,82 [35]. Byly tedy alespoň porovnány příkony pro chlazení A2A pro stanovené teploty vzduchů.

Porovnání pro konkrétní provozní podmínky - příkon

$$P_{př} = \frac{P_{chl}}{EER} \quad (4.4)$$

Tab. 4.6 - Příkony jednotlivých zařízení

| Typ                            | EER A35/A27 | Jmen. chladicí výkon [kW] | Příkon [kW] |
|--------------------------------|-------------|---------------------------|-------------|
| TČ EHS TDM                     | 3,46        | 11,6                      | 3,35        |
| Toshiba pro 2/3 venkovní j.    | 3,42/3,82   | 5/7,5                     | 3,42        |
| Mitsubishi pro 2/3 venkovní j. | 3,44/3,1    | 5,3/6,8                   | 3,73        |

V tomto případě se vypočtený příkon příliš neliší. Nejmenší vychází pro TČ EHS TDM. Přibližnou spotřebu pro TČ EHS TDM pro chlazení A2A nelze bez parametru ESEER nebo EER pro další různé provozní podmínky příliš dobře určit. Navíc jako v ostatních případech záleží na tom, jak dlouhou dobu bude v létě dům obýván (dovolená, víkendy mimo domov, atd.), jestli bude třeba chladit všechny místnosti, nebo jestli budou dodatečně instalovány venkovní žaluzie. Skutečnou spotřebu bychom tedy nejlépe zjistili až po instalaci zařízení a jeho ročním provozu. V následujících dvou tabulkách jsou vypsány ceny za nákup zařízení a jeho instalaci nejprve pro variantu s nástěnnými jednotkami a poté pro variantu s jednotkami parapetními.

Tab. 4.7 - Cenová nabídka TČ Samsung s nástěnnými jednotkami

| Označení   | Množství | Cena za j. včetně DPH | Cena celkem |
|--|----------|-----------------------|-------------|
| EHS AE120MXTPGH/EU, venkovní                             | 1 ks     | 110 543 Kč            | 110 543 Kč  |
| EHS AE160MNYDGH/EU, hydrobox                             | 1 ks     | 110 543 Kč            | 110 543 Kč  |
| EHS AE022MNADEH/EU,<br>vnitřní nástěnná jednotka, 2,2 kW | 4 ks     | 13 586 Kč             | 54 344 Kč   |
| EHS AE028MNADEH/EU,<br>vnitřní nástěnná jednotka, 2,8 kW | 1 ks     | 14 151 Kč             | 14 151 Kč   |
| MXD-E24K300A, EEV Kit (3 Port)                           | 1 ks     | 15 204 Kč             | 15 204 Kč   |
| MXD-E24K200A, EEV Kit (2 Port)                           | 1 ks     | 11 738 Kč             | 11 738 Kč   |
| Refnet do 15 kW  | 2 ks     | 3 200 Kč              | 6 400 Kč    |
| Konzole venkovní jednotky                                | 1 ks     | 4 500 Kč              | 4 500 Kč    |
| Montáž Hydrobox + venkovní jednotka                      | 1 ks     | 9 500 Kč              | 9 500 Kč    |
| Montáž vnitřní jednotky                                  | 5 ks     | 2 000 Kč              | 10 000 Kč   |
| Elektroinstalace a zapojení                              | 1 kpl    | 8 450 Kč              | 8 450 Kč    |
| Ostatní práce  | 1 kpl    | 5 000 Kč              | 5 000 Kč    |
| Cu potrubí sada + pokládka                               | 30 m     | 670 Kč                | 20 100 Kč   |
| Potrubí pro kondenzát + pokládka                         | 30 m     | 45 Kč                 | 1 350 Kč    |
| Čerpadlo kondenzátu MiniBlue                             | 3 ks     | 3 333 Kč              | 9 999 Kč    |
| Součet bez hydroboxu                                     |          |                       | 281 297 Kč  |
| Součet s hydroboxem                                      |          |                       | 391 462 Kč  |

Tab. 4.8 - Cenová nabídka TČ Samsung s parapetními jednotkami

| Označení   | Množství | Cena za j. včetně DPH | Cena celkem |
|--|----------|-----------------------|-------------|
| EHS AE120MXTPGH/EU, venkovní                             | 1 ks     | 110 543 Kč            | 110 543 Kč  |
| EHS AE160MNYDGH/EU,<br>vnitřní - HYDROBOX                | 1 ks     | 110 543 Kč            | 110 543 Kč  |
| EHS AE022MNJDEH/EU,<br>vnitřní parapetní jednotka, 2,2kW | 4 ks     | 19 980 Kč             | 79 920 Kč   |
| EHS AE028MNJDEH/EU,<br>vnitřní parapetní jednotka, 2,8kW | 1 ks     | 20 604 Kč             | 20 604 Kč   |
| Refnet do 15 kW  | 5 ks     | 3 200 Kč              | 16 000 Kč   |
| Konzole venkovní jednotky                                | 1 ks     | 4 500 Kč              | 4 500 Kč    |
| Montáž HYDROBOX<br>+ venkovní jednotka                   | 1 ks     | 9 500 Kč              | 9 500 Kč    |
| Montáž vnitřní jednotky                                  | 5 ks     | 2 000 Kč              | 10 000 Kč   |
| Elektroinstalace a zapojení                              | 1 kpl    | 8 450 Kč              | 8 450 Kč    |
| Ostatní práce  | 1 kpl    | 5 000 Kč              | 5 000 Kč    |
| Cu potrubí (sada pro plyn i kapalinu)<br>+ pokládka      | 22 m     | 670 Kč                | 14 740 Kč   |
| Potrubí pro kondenzát + pokládka                         | 22 m     | 45 Kč                 | 990 Kč      |
| Čerpadlo kondenzátu MiniBlue                             | 3 ks     | 3 333 Kč              | 9 999 Kč    |
| Součet bez hydroboxu                                     |          |                       | 290 246 Kč  |
| Součet s hydroboxem                                      |          |                       | 400 789 Kč  |

#### 4.2.5 Zhodnocení návrhu s TČ Samsung EHS TDM

V tomto návrhu byly vytvořeny dvě různé varianty napojení vnitřních jednotek. V první byly využity jednotky parapetní, které nepotřebují pro svou instalaci EEV Kity. Celková cena tohoto návrhu bez uvažování instalace hydroboxu činí přibližně 290 000 Kč. V druhé variantě byly využity jednotky nástěnné. U tohoto typu bylo nutné instalovat EEV Kity do technické místnosti. Cena tohoto návrhu bez uvažování instalace hydroboxu činí přibližně 281 000 Kč. Z těchto variant je pro chlazení lepší využití nástěnných jednotek. Cena této varianty je o cca 9 000 Kč nižší a zároveň tyto jednotky nijak neomezují prostor v místnosti. U parapetních jednotek je výhodou možnost simulace podlahového topení. V tomto návrhu byla jako lepší varianta i přes nutnost instalace EEV Kitů vyhodnocena instalace s nástěnnými jednotkami.





## ZÁVĚR

První část práce byla teoretická a zaměřovala se na využití klimatizací a tepelných čerpadel při chlazení rodinného domu. V praktické části byly nejprve vypočteny tepelné zisky pro jednotlivé místnosti konkrétního domu, pro které byly následně navrženy dva různé způsoby chlazení.

V prvním způsobu bylo navrženo využití dvou multi-splitů (TČ vzduch/vzduch) primárně od výrobce Toshiba a poté byl tento návrh navíc porovnán se stejnou instalací jednotek od výrobce Mitsubishi. Využití dvou venkovních jednotek bylo zvoleno především kvůli jednodušší instalaci a krátké délce rozvodů. Pokud by byla instalována pouze jedna venkovní jednotka pro všech 5 vnitřních jednotek, bylo by nejvhodnější umístění na terase domu, což si ovšem majitel nepřeje. Případně by jednotka mohla být umístěna na střeše. Zde by bylo třeba vytvářet průrazy střechy a stropů a celková délka vedení by byla mnohem delší.

Při porovnání značek Toshiba a Mitsubishi vychází cena za nákup nižší pro Toshiba. Rozdíl ovšem není nijak vysoký a jednotky Daimond od Mitsubishi navíc disponují zajímavějšími funkcemi, jako je například 3D senzor nebo režim vánku, a navíc jsou k dostání ve 4 různých barevných provedeních. Dále je třeba zohlednit také menší spotřebu elektrické energie pro jednotky Mitsubishi (o cca 500 Kč ročně při provozu v režimu chlazení). V tomto porovnání byla tedy doporučena instalace jednotek od značky Mitsubishi s vnitřními jednotkami Diamond.

Obecně lze říci, že na českém trhu se nachází velké množství dělených klimatizačních zařízení (TČ vzduch/vzduch) pro chlazení rodinných domů, která se ve většině případů příliš neliší cenou ani svou kvalitou (pokud nebudeme uvažovat neznačkové výrobky a výrobky luxusní). U většiny vnitřních jednotek se výrobci předhánají v různých přídatných funkcích: tiché režimy, senzory pro detekci osob, speciální upravené výfuky pro dokonalou distribuci chladného vzduchu a také se začínají objevovat jednotky, které jsou schopny alespoň z části větrat, což do této doby dělené klimatizační jednotky v RD nedokázaly. U jednotek venkovních se výrobci snaží co nejvíce zvýšit účinnost a tím snížit spotřebu elektrické energie.

V druhé variantě bylo zvoleno chlazení pomocí tepelného čerpadla od firmy Samsung, které dokáže s jednou venkovní jednotkou fungovat na principu vzduch/voda nebo vzduch/vzduch. V práci byla řešena pouze část pro chlazení domu, a to pomocí parapetních a nástěnných jednotek. V tomto případě byla jako lepší možnost vyhodnocena varianta s využitím nástěnných jednotek, z důvodu nižší ceny i ušetření místa v prostoru.

Při porovnání varianty multi-splitů Mitsubishi (dále varianta 1) a tepelného čerpadla EHS TDM Samsung (dále varianta 2) je třeba zvážit nejenom pořizovací cenu, která je u varianty 2 o cca 100 000 Kč vyšší. Tento rozdíl by mohl být následně vyrovnán při pořízení dalšího zařízení pro vytápění, potřebného u varianty 1. Je tedy nutné na návrh pohlížet jako na celkový koncept a uvažovat i způsob vytápění a ohřev TV. Pokud by mělo být k vytápění užíváno TČ, je optimální variantou instalace TČ EHS TDM Samsung, kdy lze jednou venkovní jednotkou pokrýt potřeby pro vytápění, chlazení i ohřev TV. U varianty 2 jsou na rozdíl od varianty 1 povinné roční revize.

Instalace TČ země/voda v návrzích nebyla uvažována, jelikož by bylo nutné vybudovat zemní plošný kolektor, což disponibilní část pozemku neumožňuje nebo geotermální vrt, jehož vybudování je velmi nákladné. TČ voda/voda je v tomto případě nevyužitelné z hlediska absence vodní plochy v blízkosti domu. Případné vybudování jímací a vsakovací studny by vyžadovalo získání povolení od povodí, a také by byla náročnější údržba tohoto systému.



## SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] SZÉKYOVÁ, Marta. *Větrání a klimatizace*. Bratislava: Jaga, 2006. ISBN 80-807-6037-3.
- [2] CHYSKÝ, Jaroslav a Karel HEMZAL. *Větrání a klimatizace*. 3., zcela přeprac. vyd. Brno: BOLIT-B Press, 1993. ISBN 80-901-5740-8.
- [3] Nové chladivo R32. *Air-Matyáš* [online]. b.r. [cit. 2019-02-14]. Dostupné z: <https://air-matyas.cz/nove-chladivo-r32>
- [4] DUFKA, Jaroslav. *Větrání a klimatizace domů a bytů*. Praha: Grada, 2002. ISBN 80-247-0222-3.
- [5] VRF or VRF. *Coolautomation* [online]. b.r. [cit. 2019-02-17]. Dostupné z: <https://coolautomation.com/wiki/vrv-or-vrf/>
- [6] *Daikin* [online]. b.r. [cit. 2019-02-14]. Dostupné z: [https://www.daikin.cz/cs\\_cz/produkty.html#!?s=recent&offset=0&language=cs](https://www.daikin.cz/cs_cz/produkty.html#!?s=recent&offset=0&language=cs)
- [7] Praktické vědomosti o klimatizaci. *Trotec* [online]. b.r. [cit. 2019-02-15]. Dostupné z: <https://cz.trotec.com/produkty-a-sluzby/stroje-homecomfort/klimatizace/prakticke-%20vedomosti-o-klimatizaci/>
- [8] DAŇKOVÁ, Dana. Co všechno umí klimatizace. *Byt, dům, styl, zahrada* [online]. b.r. [cit. 2019-02-14]. Dostupné z: <https://homebydleni.cz/dum/vytapeni/co-vsechno-umi-klimatizace/>
- [9] Klimatizace. *Samsungcentrum* [online]. b.r. [cit. 2019-02-14]. Dostupné z: <http://www.samsungcentrum.eu/klimatizace>
- [10] Nástěnné klimatizace ART COOL Gallery. *Klimatizace-Brno* [online]. b.r. [cit. 2019-02-14]. Dostupné z: <http://www.klimatizace-brno.eu/montaz-klimatizace.php>
- [11] Tepelná čerpadla. *Vytápění tzb-info* [online]. b.r. [cit. 2019-02-14]. Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla>
- [12] SRDEČNÝ, Karel a Jan TRUXA. *Tepelná čerpadla*. 1. vyd. Praha: EkoWATT, 2009, 71 s. : il., mapy. ISBN 978-80-87333-02-0.
- [13] Jak fungují tepelná čerpadla. *Kvalitní tepelná čerpadla* [online]. b.r. [cit. 2019-02-15]. Dostupné z: <https://www.kvalitni-tepelna-cerpadla.cz/tepelna-cerpadla/jak-vlastne-funguji-a-v-cem-je-vlastne-rozdil/>
- [14] TČ vzduch/voda. *Čerpadla IVT* [online]. b.r. [cit. 2019-02-15]. Dostupné z: <https://www.cerpadla-ivt.cz/cz/tepelna-cerpadla-vzduch-voda>

- [15] Tepelné čerpadlo princip a funkce. *Ekoenergie Altec int.* [online]. b.r. [cit. 2019-02-17]. Dostupné z: <http://ekoenergie.altec-int.cz/tepelny-cerpadlo-princip-a-funkce.htm>
- [16] Aktivní a pasivní chlazení. *Viessmann* [online]. b.r. [cit. 2019-02-15]. Dostupné z: <https://www.viessmann.cz/cs/rady-a-tipy/aktivni-pasivni-chlazení-tepelna-cerpdla.html>
- [17] Stěnové chlazení. *Uponor* [online]. b.r. [cit. 2019-02-15]. Dostupné z: <https://www.uponor.cz/produkty/st%C4%9Bnov%C3%A9-vyt%C3%A1p%C4%Bn%C3%AD>
- [18] ZMRHAVLA, . *Http://users.fs.cvut.cz/~zmrhavla/Publikace/NCH%202005.pdf*. b.r.
- [19] Chladicí trám nebo fan-coil. *Větrání-TZB* [online]. b.r. [cit. 2019-02-15]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/klimatizace-a-chlazení/7147-chladici-tram-nebo-fan-coil>
- [20] Fan-coil. *Blueteam* [online]. b.r. [cit. 2019-02-17]. Dostupné z: <http://www.blueteam.cz/klimatizace-a-chlazení/jednotky-fan-coil.html>
- [21] COP, SCOP. *Vytápění-TZB* [online]. b.r. [cit. 2019-02-15]. Dostupné z: <https://vytapieni.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/13196-parametry-pro-hodnoceni-efektivitu-tepelnych-cerpadel-cop-a-scop>
- [22] Chladicí faktor. *Větrání-TZB* [online]. b.r. [cit. 2019-02-15]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/klimatizace-a-chlazení/8797-celkove-chladici-faktory-klimatizacnich-systemu-a-jejich-zlepsovani>
- [23] ČSN 73 0540-3. *Tepelná ochrana budov: Část 3: Návrhové hodnoty veličin.* Český normalizační institut, 2005.
- [24] Fyzikální veličiny vybraných stavebních konstrukcí. *TZB-Info* [online]. Topinfo s.r.o., 2001 [cit. 2019-04-15]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/58-hodnoty-fyzikalnich-velicin-vybranych-stavebnich-materialu>
- [25] *Wienerberger* [online]. Wienerberger AG, 2019 [cit. 2019-04-15]. Dostupné z: <https://wienerberger.cz/>
- [26] ČSN 73 0548. *Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů.* 1985.
- [27] BSA - Povrch těla. *Mudr* [online]. 2008 [cit. 2019-03-25]. Dostupné z: <http://www.mudr.org/web/bsa-povrch-tela>
- [28] *Vekra* [online]. 2015 [cit. 2019-04-06]. Dostupné z: <https://www.vekra.cz/>
- [29] *Baxx* [online]. Praha: a-net, 2019 [cit. 2019-05-06]. Dostupné z: <https://baxx.cz/>

- [30] Produktový katalog Toshiba 2019/2020. In: *AIR-Matyáš* [online]. 2019 [cit. 2019-04-26]. Dostupné z: [https://air-matyas.cz/media/cache/file/7b/Produktkatalog19\\_CZ\\_WEB.pdf](https://air-matyas.cz/media/cache/file/7b/Produktkatalog19_CZ_WEB.pdf)
- [31] *Ecodesign Toshiba: Airconditioning* [online]. b.r. [cit. 2019-04-06]. Dostupné z: <http://ecodesign.toshiba-airconditioning.eu/cs>
- [32] ČEZ [online]. Praha: ČEZ, a. s., 2019 [cit. 2019-04-10]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/>
- [33] *Prima-klima* [online]. Prima-klima, 2018 [cit. 2019-05-06]. Dostupné z: <https://prima-klima.cz/>
- [34] *Dobrá klima* [online]. Brno, 2019 [cit. 2019-05-06]. Dostupné z: <https://www.dobraklima.cz/>
- [35] *Samsung* [online]. Samsung, 2019 [cit. 2019-05-06]. Dostupné z: <https://www.samsung.com/cz/business/>
- [36] Kazetová jednotka. *Cz- Klimatizace* [online]. b.r. [cit. 2019-02-15]. Dostupné z: <http://www.cz-klimatizace.cz/clanky-ffq-c-kazetova-jednotka-s-plochym-dekoracnim-panelem-600x600-presny-ro-13a014cb9d-h-podhledu.html>
- [37] Okenní klimatizace. *Bears* [online]. b.r. [cit. 2019-02-15]. Dostupné z: <http://www.bears.cz/foto-a-video/okenni-klimatizace/>
- [38] *Popis výpočtu tepelné zátěže klimatizovaných prostor podle ČSN. České vysoké učení technické v Praze Fakulta strojní Ústav techniky prostředí, b.r.*

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

|  |    |
|--|----|
| Obr. 1.1 - Princip funkce klimatizačního zařízení [7], upraveno.....                     | 15 |
| Obr. 1.2 - Venkovní jednotka vlevo, vnitřní jednotka vpravo [6] .....                    | 16 |
| Obr. 1.3 - Split [6].....  | 17 |
| Obr. 1.4 - Multi-split [6] .....   | 17 |
| Obr. 1.5 - Nástěnná vnitřní jednotka [6] .....   | 18 |
| Obr. 1.6 - Podstropní vnitřní jednotka [6].....  | 18 |
| Obr. 1.7 - Kanálová jednotka [6] .....   | 18 |
| Obr. 1.8 - Parapetní jednotka [6].....   | 19 |
| Obr. 1.9 - Kazetová jednotka [36].....   | 19 |
| Obr. 1.10 - Okenní klimatizace [37] .....  | 20 |
| Obr. 1.11 - Plošný zemní kolektor [11] .....   | 22 |
| Obr. 2.1 - Navržený dům .....  | 25 |
| Obr. 2.2 - Půdorysy jednotlivých pater, vlevo přízemí, vpravo 1. patro.....              | 25 |
| Obr. 3.1 - Půdorys obývacího pokoje .....  | 27 |
| Obr. 3.2 - Délky stínů [38].....   | 33 |
| Obr. 4.1 - Umístění první venkovní jednotky .....  | 43 |
| Obr. 4.2 - Umístění druhé venkovní jednotky .....  | 44 |
| Obr. 4.3 - Venkovní jednotka Toshiba [31] .....  | 45 |
| Obr. 4.4 - Vnitřní jednotka Mirai [31] .....   | 45 |
| Obr. 4.5 - Vnitřní nástěnná jednotka Daiseikai 9 [31] .....                              | 46 |
| Obr. 4.6 - Základní typ vnitřní nástěnné jednotky Mitsubishi [34] .....                  | 48 |
| Obr. 4.7 - Vnitřní nástěnná jednotka Daimond Mitsubishi [34] .....                       | 49 |
| Obr. 4.8 - Venkovní jednotka Samsung [35] .....  | 51 |
| Obr. 4.9 - Venkovní j. EHS TDM Samsung, způsob vedení k parapetním jednotkám .....       | 52 |
| Obr. 4.10 - Vlevo Parapetní jednotka Samsung, vpravo nástěnná jednotka Samsung [35]..... | 52 |
| Obr. 4.11 - Venkovní j. EHS TDM Samsung, způsob vedení k nástěnným jednotkám.....        | 53 |

## SEZNAM TABULEK

|   |    |
|---|----|
| Tab. 2.1 - Parametry stavební konstrukce .....                      | 26 |
| Tab. 2.2 - Jednotlivé vrstvy stropu mezi patry .....                | 26 |
| Tab. 3.1 - Elektronická zařízení v obývacím pokoji.....             | 28 |
| Tab. 3.2 - Tepelné zisky z vnitřního prostředí.....                 | 30 |
| Tab. 3.3 - Tepelné zisky z vnějšího prostředí.....                  | 37 |
| Tab. 3.4 - Celkové tepelné zisky v 16 hodin SEČ.....                | 38 |
| Tab. 3.5 - Maximální tepelné zisky pro jednotlivé místnosti .....   | 41 |
| Tab. 4.1 - Konkrétní typy a chladicí výkony jednotek [30] .....     | 44 |
| Tab. 4.2 - Cenová nabídka od firmy AC & HS, s. r. o. ....           | 47 |
| Tab. 4.3 - Přehled jednotek Mitsubishi.....                         | 48 |
| Tab. 4.4 - Porovnání spotřeby Toshiba vs. Mitsubishi.....           | 49 |
| Tab. 4.5 - Cenové porovnání Toshiba vs. Mitsubishi.....             | 50 |
| Tab. 4.6 - Příkony jednotlivých zařízení .....                      | 54 |
| Tab. 4.7 - Cenová nabídka TČ Samsung s nástěnnými jednotkami .....  | 54 |
| Tab. 4.8 - Cenová nabídka TČ Samsung s parapetními jednotkami ..... | 55 |

## SEZNAM GRAFŮ

|  |    |
|--|----|
| Graf 3.1 - Celkové zisky sluneční radiací oběma okny bez akumulace .....     | 34 |
| Graf 3.2 - Porovnání tepelných zisků okny s a bez akumulace .....            | 36 |
| Graf 3.3 - Průběh tepelných zisků pro sledovanou dobu pro obývací pokoj..... | 38 |
| Graf 3.4 - Tepelné zisky jídelna .....                                       | 39 |
| Graf 3.5 - Tepelné zisky dětský pokoj.....                                   | 39 |
| Graf 3.6 - Tepelné zisky kuchyň .....  | 40 |
| Graf 3.7 - Tepelné zisky ložnice.....  | 40 |
| Graf 3.8 - Průběh tepelných zisků pro všech 5 chlazených místností .....     | 41 |

**SEZNAM ZKRATEK**

| <b>Zkratka</b> | <b>Význam</b>                             |
|----------------|---|
| A2A            | Vzduch/vzduch                             |
| A2W            | Vzduch/voda                               |
| COP            | Coefficient of Performance                |
| DPH            | Daň z přidané hodnoty                     |
| EER            | Energy Efficiency Ratio                   |
| EEV            | Elektronický expanzní ventil              |
| ESEER          | Europien Seasonal Energy Efficiency Ratio |
| GWP            | Global Warming Potential                  |
| LED            | Light Emitting Diode                      |
| JZ             | Jihozápad                                 |
| SCOP           | Seasonal Coefficient of Performance       |
| SEČ            | Středoevropský čas                        |
| SEER           | Seasonal Energy Efficiency Ratio          |
| s. r. o.       | S ručením omezeným                        |
| SZ             | Severozápad                               |
| TČ             | Tepelné čerpadlo                          |
| TV             | Teplá voda                                |
| VRF            | Variable Refrigerant Flow                 |
| VRV            | Variable Refrigerant Volume               |



## SEZNAM POUŽITÝCH VELIČIN

| Symbol           | Jednotka            | Význam  |
|------------------|---------------------|---|
| $a$              | [°]                 | Sluneční azimut   |
| $A$              | [m <sup>2</sup> ]   | Průřez vzduchovodu  |
| $c$              | [m]                 | Hloubka okna vzhledem k horní stínící desce                       |
| $c_0$            | [-]                 | Součinitel korekce na čistou atmosféru                            |
| $c_1$            | [-]                 | Součinitel současnosti chodu                                      |
| $c_2$            | [-]                 | Zbytkový součinitel   |
| $c_3$            | [-]                 | Součinitel průměrného zatížení zařízení                           |
| $c_a$            | [J/kg · K]          | Měrná tepelná kapacita vzduchu                                    |
| $C_M$            | [Kč]                | Cena za roční provoz chlazení se zařízením Mitsubishi             |
| $C_T$            | [Kč]                | Cena za roční provoz chlazení se zařízením Toshiba                |
| $d_i$            | [m]                 | Tloušťka části konstrukce   |
| $e_{1JZ}$        | [m]                 | Délka stínu 1 v okenním otvoru od kraje slunolamu pro okno na JZ  |
| $e_{1SZ}$        | [m]                 | Délka stínu 1 v okenním otvoru od kraje slunolamu pro okno na SZ  |
| $e_{2JZ}$        | [m]                 | Délka stínu 2 v okenním otvoru od kraje slunolamu pro okno na JZ  |
| $e_{2SZ}$        | [m]                 | Délka stínu 2 v okenním otvoru od kraje slunolamu pro okno na SZ  |
| $f$              | [m]                 | Odstup svislé části okna od slunolamů                             |
| $g$              | [m]                 | Odstup vodorovné části okna od slunolamů                          |
| $h$              | [°]                 | Výška slunce nad obzorem  |
| $H$              | [m]                 | Výška zasklené části okna   |
| $H_n$            | [km]                | Nadmořská výška   |
| $\dot{I}_{DJZ}$  | [W/m <sup>2</sup> ] | Intenzita přímé sluneční radiace na plochu orientovanou na JZ     |
| $\dot{I}_{DP}$   | [W/m <sup>2</sup> ] | Intenzita přímé sluneční radiace na plochu libovolně orientovanou |
| $\dot{I}_{DSZ}$  | [W/m <sup>2</sup> ] | Intenzita přímé sluneční radiace na plochu orientovanou na SZ     |
| $\dot{I}_{Ok}$   | [W/m <sup>2</sup> ] | Celková intenzita sluneční radiace procházející standardním oknem |
| $\dot{I}_{OkD}$  | [W/m <sup>2</sup> ] | Intenzita difúzní radiace procházející standardním oknem          |
| $\dot{I}_{OkJZ}$ | [W/m <sup>2</sup> ] | Celková intenzita sluneční radiace procházející oknem na JZ       |

|                          |                     |  |
|--------------------------|---------------------|--|
| $\dot{I}_{OKSZ}$         | [W/m <sup>2</sup> ] | Celková intenzita sluneční radiace procházející oknem na SZ    |
| $\dot{I}_d$              | [W/m <sup>2</sup> ] | Intenzita difúzní sluneční radiací pro svislou stěnu           |
| $\dot{I}_D$              | [W/m <sup>2</sup> ] | Intenzita přímé sluneční radiací pro svislou stěnu             |
| $L$                      | [m]                 | Šířka zasklené části okna                                      |
| $m$                      | [-]                 | Součinitel zmenšení teplotního kolísání při prostupu tepla     |
| $M$                      | [kg]                | Hmotnost konstrukce  |
| $M_P$                    | [kg]                | Hmotnost podlahy pro akumulaci                                 |
| $M_S$                    | [kg]                | Hmotnost stěn pro akumulaci                                    |
| $P$                      | [W]                 | Příkon obecně  |
| $P_{př}$                 | [W]                 | Příkon chladicího zařízení                                     |
| $P_{chl}$                | [W]                 | Chladicí výkon   |
| $PH$                     | [hod]               | Počet hodin ročního provozu chladicího zařízení                |
| $\dot{Q}$                | [W]                 | Tepelný zisk   |
| $\dot{Q}_{ck}$           | [W]                 | Tepelné zisky vnější konstrukcí                                |
| $\dot{Q}_{cp}$           | [W]                 | Tepelný zisk podlahou  |
| $\dot{Q}_{cs}$           | [W]                 | Tepelné zisky vnější stěnou                                    |
| $\dot{Q}_{dveřech}$      | [W]                 | Tepelný zisk dveřmi do chodby                                  |
| $\dot{Q}_e$              | [W]                 | Tepelný zisk od elektronických zařízení                        |
| $\dot{Q}_{koupelna}$     | [W]                 | Tepelný zisk stěnou koupelny                                   |
| $\dot{Q}_l$              | [W]                 | Tepelná zátěž od přívodu čerstvého vzduchu                     |
| $\dot{Q}_L$              | [W]                 | Produkce tepla od lidí   |
| $\dot{Q}_m$              | [W]                 | Tepelný zisk od elektromotoru                                  |
| $\dot{Q}_{ok}$           | [W]                 | Prostup tepla oknem konvekci                                   |
| $\dot{Q}_{OK}$           | [W]                 | Výsledný tepelný zisk okny                                     |
| $\dot{Q}_{Or16}$         | [W]                 | Tepelný zisk sluneční radiací pro 16 hodin                     |
| $\dot{Q}_{Or16JZ}$       | [W]                 | Tepelný zisk sluneční radiací pro 16 hodin pro okno na JZ      |
| $\dot{Q}_{Or16Sk}$       | [W]                 | Skutečný tepelný zisk sluneční radiací pro 16 hodin            |
| $\dot{Q}_{Or16SZ}$       | [W]                 | Tepelný zisk sluneční radiací pro 16 hodin pro okno na SZ      |
| $\dot{Q}_{Or16Z}$        | [W]                 | Tepelný zisk sluneční radiací pro 16 hodin snížený o akumulaci |
| $\dot{Q}_{st}$           | [W]                 | Tepelný zisk částí terasy                                      |
| $\dot{Q}_{stěna chodby}$ | [W]                 | Tepelný zisk stěnou chodby                                     |
| $\dot{Q}_V$              | [W]                 | Produkce tepla ventilátory                                     |

|                   |                        |  |
|-------------------|------------------------|--|
| $\dot{Q}_{VS}$    | [W]                    | Tepelný zisk vnějšími stěnami  |
| $\dot{Q}_{VSJZ}$  | [W]                    | Tepelný zisk vnější stěnou na JZ   |
| $\dot{Q}_{VSSZ}$  | [W]                    | Tepelný zisk vnější stěnou na SZ   |
| $R_1$             | [(m <sup>2</sup> K)/W] | Tepelný odpor při přestupu tepla na jedné straně konstrukce                      |
| $R_2$             | [(m <sup>2</sup> K)/W] | Tepelný odpor při přestupu tepla na druhé straně konstrukce                      |
| $s$               | [-]                    | Stínící součinitel   |
| $S$               | [m <sup>2</sup> ]      | Povrch vzduchovodů   |
| $s_1$             | [-]                    | Stínící součinitel 1 (pro okno s trojsklem)                                      |
| $s_2$             | [-]                    | Stínící součinitel 2 (pro závěsy)  |
| $S_{dveřích}$     | [m <sup>2</sup> ]      | Plocha dveří do chodby   |
| $S_{koupelny}$    | [m <sup>2</sup> ]      | Plocha stěny sousedící s koupelnou   |
| $S_O$             | [m <sup>2</sup> ]      | Plocha okna s rámem  |
| $S_{OS}$          | [m <sup>2</sup> ]      | Osluněná plocha okna   |
| $S_{OSJZ}$        | [m <sup>2</sup> ]      | Osluněná plocha okna na JZ   |
| $S_{OSSZ}$        | [m <sup>2</sup> ]      | Osluněná plocha okna na SZ   |
| $S_{podl}$        | [m <sup>2</sup> ]      | Plocha podlahy   |
| $S_{Sak}$         | [m <sup>2</sup> ]      | Plocha stěny pro akumulaci   |
| $S_{střechy}$     | [m <sup>2</sup> ]      | Plocha střechy   |
| $S_{těla}$        | [m <sup>2</sup> ]      | Plocha povrchu těla (muže)   |
| $S_{těladítě}$    | [m <sup>2</sup> ]      | Plocha povrchu těla dítěte   |
| $S_{tělažena}$    | [m <sup>2</sup> ]      | Plocha povrchu těla ženy   |
| $\check{s}_{dch}$ | [m]                    | Šířka dveří do chodby  |
| $\check{s}_{sch}$ | [m]                    | Šířka stěny sousedící s chodbou  |
| $\check{s}_{sk}$  | [m]                    | Šířka stěny sousedící s koupelnou  |
| $t_e$             | [°C]                   | Denní teplota  |
| $t_i$             | [°C]                   | Vnitřní výpočtová teplota  |
| $t_{is}$          | [°C]                   | Teplota sousední místnosti   |
| $t_{rm}$          | [°C]                   | Průměrná rovnocenná sluneční teplota vzduchu za 24 hodin                         |
| $t_{rmHOR}$       | [°C]                   | Průměrná rovnocenná sluneční teplota vzduchu za 24 hodin pro horizontální plochu |
| $t_{rmJZ}$        | [°C]                   | Průměrná rovnocenná sluneční teplota vzduchu za 24 hodin pro plochu na JZ        |
| $t_{rmSZ}$        | [°C]                   | Průměrná rovnocenná sluneční teplota vzduchu za 24 hodin pro plochu na SZ        |
| $t_{r\psi}$       | [°C]                   | Rovnocenná sluneční teplota v době o $\Psi$ dřívější                             |

|                 |                          |  |
|-----------------|--------------------------|--|
| $t_{rzeminy}$   | [°C]                     | Teplota zeminy   |
| $T_d$           | [-]                      | Celková propustnost difúzní sluneční radiací                     |
| $T_D$           | [-]                      | Celková poměrná propustnost přímé sluneční radiace               |
| $T_{DJZ}$       | [-]                      | Poměrná propustnost přímé sluneční radiace na JZ                 |
| $T_{DSZ}$       | [-]                      | Poměrná propustnost přímé sluneční radiace na SZ                 |
| $U$             | [W/(m <sup>2</sup> · K)] | Součinitel prostupu tepla  |
| $U_0$           | [W/(m <sup>2</sup> · K)] | Součinitel prostupu tepla oknem                                  |
| $v_{dch}$       | [m]                      | Výška dveří do chodby  |
| $v_{sch}$       | [m]                      | Výška stěny sousedící s chodbou                                  |
| $v_{sk}$        | [m]                      | Výška stěny sousedící s koupelnou                                |
| $V_a$           | [m <sup>3</sup> ]        | Objem přiváděného vzduchu  |
| $\dot{V}$       | [m <sup>3</sup> ]        | Průtok vzduchu ventilátorem                                      |
| $X_M$           | [W]                      | Roční spotřeba energie s chlazením Mitsubishi                    |
| $X_T$           | [W]                      | Roční spotřeba energie s chlazením Toshiba                       |
| $z$             | [-]                      | Součinitel znečištění atmosféry                                  |
| $\gamma_{JZ}$   | [°]                      | Azimutový úhel normály pro JZ stěnu                              |
| $\gamma_{SZ}$   | [°]                      | Azimutový úhel normály pro SZ stěnu                              |
| $\delta$        | [-]                      | Sluneční deklinace   |
| $\delta_{max}$  | [m]                      | Maximální tloušťka stěny pro akumulaci                           |
| $\delta_s$      | [m]                      | Skutečná tloušťka stěny  |
| $\Delta\dot{Q}$ | [W]                      | Snížení tepelných zisků  |
| $\Delta p$      | [Pa]                     | Celkový tlak ventilátoru   |
| $\Delta t$      | [K]                      | Maximální povolené zvýšení teploty                               |
| $\Delta t_{mv}$ | [K]                      | Střední rozdíl teplot mezi vzduchem v potrubí a okolním vzduchem |
| $\eta_m$        | [-]                      | Účinnost elektromotoru   |
| $\eta_v$        | [-]                      | Účinnost ventilátoru   |
| $\theta$        | [°]                      | Úhel mezi normálou osluněného povrchu a směrem paprsků           |
| $\lambda_i$     | [W/m · K]                | Součinitel tepelné vodivosti                                     |
| $\rho_a$        | [kg/m <sup>3</sup> ]     | Hustota vzduchu  |
| $\rho_s$        | [kg/m <sup>2</sup> ]     | Plošná hustota stěny   |
| $\omega$        | [m/s]                    | Rychlost proudění vzduchu ve vzduchovodech                       |

**SEZNAM PŘÍLOH**

|     |   |                    |
|-----|---|--------------------|
| P1  | Výsledky výpočtu tepelných zisků pro obývací pokoj                | Tištěná verze      |
| P2  | Výsledky výpočtu tepelných zisků pro jídelnu                      | Tištěná verze      |
| P3  | Výsledky výpočtu tepelných zisků pro dětský pokoj                 | Tištěná verze      |
| P4  | Výsledky výpočtu tepelných zisků pro kuchyň                       | Tištěná verze      |
| P5  | Výsledky výpočtu tepelných zisků pro ložnici                      | Tištěná verze      |
| P6  | Graf SEER venkovní jednotka Toshiba pro 3 vnitřní j. [31]         | Tištěná verze      |
| P7  | Graf SEER venkovní jednotka Toshiba pro 2 vnitřní j. [31]         | Tištěná verze      |
| P8  | Výkres č. 1 Návrh chlazení s multi-splity, Půdorys 1. NP          | Tištěná verze      |
| P9  | Výkres č. 2 Návrh chlazení s multi-splity, Půdorys 2. NP          | Tištěná verze      |
| P10 | Výkres č. 3 Návrh chlazení s multi-splity, Půdorys Střecha        | Tištěná verze      |
| P11 | Výkres č. 4 Návrh chlazení TČ Samsung parapetní j., Půdorys 1. NP | Tištěná verze      |
| P12 | Výkres č. 5 Návrh chlazení TČ Samsung parapetní j., Půdorys 2. NP | Tištěná verze      |
| P13 | Výkres č. 6 Návrh chlazení TČ Samsung nástěnné j., Půdorys 1. NP  | Tištěná verze      |
| P14 | Výkres č. 7 Návrh chlazení TČ Samsung nástěnné j., Půdorys 2. NP  | Tištěná verze      |
| P15 | Výpočet tepelných zisků pro obývací pokoj                         | Elektronická verze |
| P16 | Výpočet tepelných zisků pro jídelnu                               | Elektronická verze |
| P17 | Výpočet tepelných zisků pro dětský pokoj                          | Elektronická verze |
| P18 | Výpočet tepelných zisků pro kuchyň                                | Elektronická verze |
| P19 | Výpočet tepelných zisků pro ložnici                               | Elektronická verze |



P 1 - Výsledky výpočtu tepelných zisků pro obývací pokoj

| Čas<br>[hod] | Okny radiací<br>s akumulací<br>[W] | Okny radiací bez<br>akumulace<br>[W] | Okny konvekci<br>[W] | Vnitřní zdroje<br>[W] | Vnější plášť domu<br>[W] | Větrání<br>[W] | Celkem<br>s akumulací<br>[W] | Celkem bez<br>akumulace<br>[W] |
|--------------|------------------------------------|--------------------------------------|----------------------|-----------------------|--------------------------|----------------|------------------------------|--------------------------------|
| 5            | 680                                | 79                                   | 0                    | 592                   | 60                       | -285           | 1047                         | 446                            |
| 6            | 680                                | 176                                  | 0                    | 592                   | 53                       | -252           | 1073                         | 569                            |
| 7            | 680                                | 264                                  | 0                    | 592                   | 48                       | -215           | 1104                         | 689                            |
| 8            | 680                                | 332                                  | 0                    | 592                   | 44                       | -172           | 1144                         | 796                            |
| 9            | 680                                | 396                                  | 0                    | 592                   | 42                       | -125           | 1188                         | 905                            |
| 10           | 680                                | 439                                  | 0                    | 592                   | 41                       | -80            | 1232                         | 991                            |
| 11           | 680                                | 496                                  | 2                    | 592                   | 39                       | -37            | 1275                         | 1092                           |
| 12           | 680                                | 720                                  | 8                    | 592                   | 38                       | -2             | 1315                         | 1355                           |
| 13           | 680                                | 955                                  | 13                   | 592                   | 37                       | 27             | 1348                         | 1623                           |
| 14           | 680                                | 1123                                 | 16                   | 592                   | 36                       | 44             | 1368                         | 1811                           |
| 15           | 680                                | 1171                                 | 17                   | 592                   | 36                       | 49             | 1373                         | 1864                           |
| 16           | 680                                | 1241                                 | 16                   | 592                   | 36                       | 44             | 1368                         | 1929                           |
| 17           | 680                                | 1143                                 | 13                   | 592                   | 39                       | 27             | 1350                         | 1813                           |
| 18           | 680                                | 770                                  | 8                    | 592                   | 44                       | -2             | 1321                         | 1412                           |
| 19           | 680                                | 211                                  | 2                    | 592                   | 51                       | -37            | 1288                         | 819                            |

P 2 - Výsledky výpočtu tepelných zisků pro jídelnu

| Čas<br>[hod] | Okny radiací<br>s akumulací<br>[W] | Okny konvekčí<br>[W] | Okny radiací bez<br>akumulace<br>[W] | Vnitřní zdroje<br>[W] | Vnější plášť domu<br>[W] | Větrání<br>[W] | Celkem<br>s akumulací<br>[W] | Celkem bez<br>akumulace<br>[W] |
|--------------|------------------------------------|----------------------|--------------------------------------|-----------------------|--------------------------|----------------|------------------------------|--------------------------------|
| 5            | 814                                | 0                    | 104                                  | 358                   | 43                       | -285           | 931                          | 220                            |
| 6            | 814                                | 0                    | 367                                  | 358                   | 38                       | -252           | 959                          | 512                            |
| 7            | 814                                | 0                    | 679                                  | 358                   | 35                       | -215           | 992                          | 857                            |
| 8            | 814                                | 0                    | 921                                  | 358                   | 32                       | -172           | 1033                         | 1140                           |
| 9            | 814                                | 0                    | 1070                                 | 358                   | 31                       | -125           | 1078                         | 1334                           |
| 10           | 814                                | 0                    | 1093                                 | 358                   | 30                       | -80            | 1123                         | 1401                           |
| 11           | 814                                | 2                    | 985                                  | 358                   | 29                       | -37            | 1166                         | 1337                           |
| 12           | 814                                | 8                    | 965                                  | 358                   | 28                       | -2             | 1206                         | 1357                           |
| 13           | 814                                | 13                   | 985                                  | 358                   | 27                       | 27             | 1240                         | 1410                           |
| 14           | 814                                | 16                   | 1093                                 | 358                   | 27                       | 44             | 1260                         | 1538                           |
| 15           | 814                                | 17                   | 1070                                 | 358                   | 27                       | 49             | 1265                         | 1520                           |
| 16           | 814                                | 16                   | 921                                  | 358                   | 27                       | 44             | 1260                         | 1366                           |
| 17           | 814                                | 13                   | 679                                  | 358                   | 29                       | 27             | 1241                         | 1106                           |
| 18           | 814                                | 8                    | 367                                  | 358                   | 32                       | -2             | 1210                         | 763                            |
| 19           | 814                                | 2                    | 104                                  | 358                   | 37                       | -37            | 1174                         | 464                            |



P 3 - Výsledky výpočtu tepelných zisků pro dětský pokoj

| Čas<br>[hod] | Okny radiací<br>s akumulací<br>[W] | Okny radiací bez<br>akumulace<br>[W] | Okny konvekci<br>[W] | Vnitřní zdroje<br>[W] | Vnější plášť domu<br>[W] | Větrání<br>[W] | Celkem<br>s akumulací<br>[W] | Celkem bez<br>akumulace [W] |
|--------------|------------------------------------|--------------------------------------|----------------------|-----------------------|--------------------------|----------------|------------------------------|-----------------------------|
| 5            | 266                                | 85                                   | 0                    | 613                   | 37                       | -285           | 631                          | 450                         |
| 6            | 266                                | 246                                  | 0                    | 613                   | 34                       | -252           | 660                          | 641                         |
| 7            | 266                                | 297                                  | 0                    | 613                   | 30                       | -215           | 694                          | 725                         |
| 8            | 266                                | 258                                  | 0                    | 613                   | 27                       | -172           | 734                          | 726                         |
| 9            | 266                                | 206                                  | 0                    | 613                   | 26                       | -125           | 779                          | 719                         |
| 10           | 266                                | 229                                  | 0                    | 613                   | 25                       | -80            | 824                          | 786                         |
| 11           | 266                                | 243                                  | 1                    | 613                   | 24                       | -37            | 866                          | 843                         |
| 12           | 266                                | 247                                  | 3                    | 613                   | 23                       | -2             | 903                          | 884                         |
| 13           | 266                                | 243                                  | 5                    | 613                   | 23                       | 27             | 933                          | 910                         |
| 14           | 266                                | 229                                  | 7                    | 613                   | 22                       | 44             | 951                          | 914                         |
| 15           | 266                                | 246                                  | 7                    | 613                   | 22                       | 49             | 956                          | 936                         |
| 16           | 266                                | 346                                  | 7                    | 613                   | 22                       | 44             | 951                          | 1031                        |
| 17           | 266                                | 408                                  | 5                    | 613                   | 22                       | 27             | 933                          | 1074                        |
| 18           | 266                                | 335                                  | 3                    | 613                   | 23                       | -2             | 902                          | 972                         |
| 19           | 266                                | 107                                  | 1                    | 613                   | 26                       | -37            | 868                          | 709                         |

P 4 - Výsledky výpočtu tepelných zisků pro kuchyň

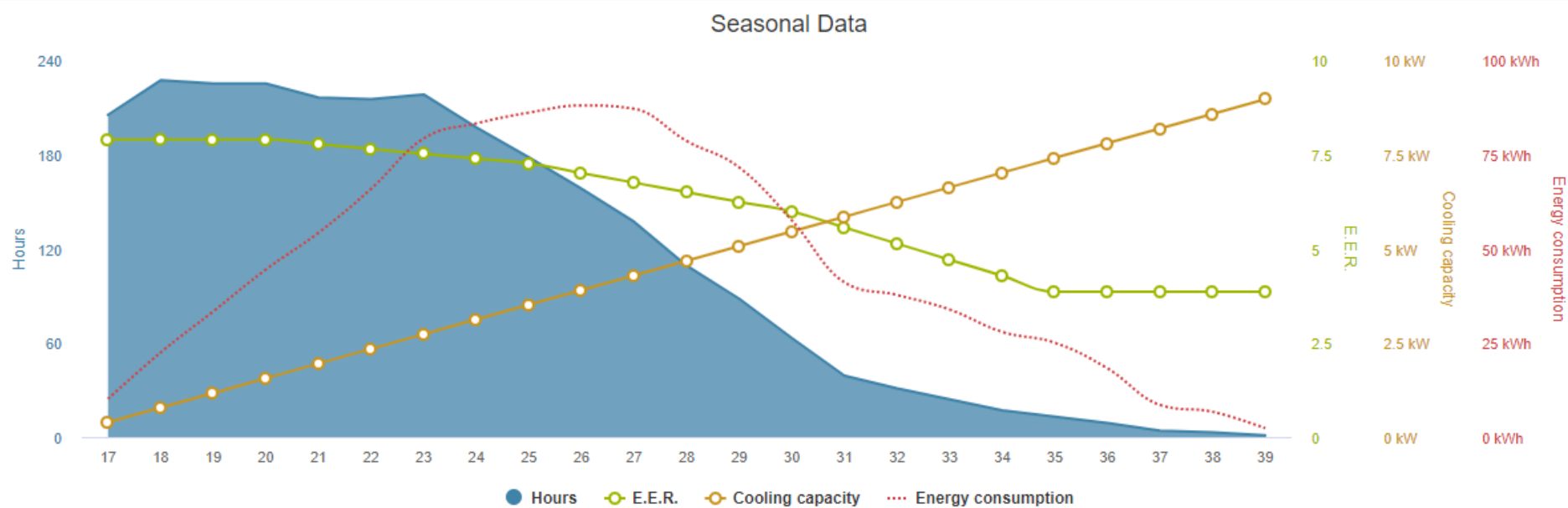
| Čas<br>[hod] | Okny radiací<br>s akumulací<br>[W] | Okny konvekcí [W] | Okny radiací bez<br>akumulace [W] | Vnitřní zdroje<br>[W] | Vnější plášť domu<br>[W] | Větrání<br>[W] | Celkem<br>s akumulací<br>[W] | Celkem bez<br>akumulace [W] |
|--------------|------------------------------------|-------------------|-----------------------------------|-----------------------|--------------------------|----------------|------------------------------|-----------------------------|
| 5            | 127                                | 0                 | 23                                | 2288                  | 7                        | -379           | 2043                         | 1939                        |
| 6            | 127                                | 0                 | 95                                | 2288                  | 7                        | -336           | 2087                         | 2055                        |
| 7            | 127                                | 0                 | 180                               | 2288                  | 7                        | -286           | 2136                         | 2189                        |
| 8            | 127                                | 0                 | 242                               | 2288                  | 7                        | -229           | 2194                         | 2308                        |
| 9            | 127                                | 0                 | 267                               | 2288                  | 7                        | -167           | 2256                         | 2395                        |
| 10           | 127                                | 0                 | 253                               | 2288                  | 7                        | -106           | 2316                         | 2441                        |
| 11           | 127                                | 1                 | 191                               | 2288                  | 7                        | -50            | 2373                         | 2437                        |
| 12           | 127                                | 2                 | 115                               | 2288                  | 7                        | -3             | 2421                         | 2409                        |
| 13           | 127                                | 3                 | 91                                | 2288                  | 7                        | 36             | 2461                         | 2425                        |
| 14           | 127                                | 4                 | 86                                | 2288                  | 7                        | 59             | 2485                         | 2443                        |
| 15           | 127                                | 4                 | 77                                | 2288                  | 7                        | 65             | 2492                         | 2442                        |
| 16           | 127                                | 4                 | 65                                | 2288                  | 7                        | 59             | 2485                         | 2422                        |
| 17           | 127                                | 3                 | 51                                | 2288                  | 7                        | 36             | 2461                         | 2385                        |
| 18           | 127                                | 2                 | 34                                | 2288                  | 7                        | -3             | 2421                         | 2328                        |
| 19           | 127                                | 1                 | 15                                | 2288                  | 7                        | -50            | 2373                         | 2261                        |

P 5 - Výsledky výpočtu tepelných zisků pro ložnici

| Čas<br>[hod] | Okny radiací<br>s akumulací<br>[W] | Okny radiací bez<br>akumulace<br>[W] | Okny konvekcí<br>[W] | Vnitřní zdroje<br>[W] | Vnější plášť domu<br>[W] | Větrání<br>[W] | Celkem<br>s akumulací<br>[W] | Celkem bez<br>akumulace<br>[W] |
|--------------|------------------------------------|--------------------------------------|----------------------|-----------------------|--------------------------|----------------|------------------------------|--------------------------------|
| 5            | 524                                | 52                                   | 0                    | 436                   | 58                       | -190           | 829                          | 357                            |
| 6            | 524                                | 116                                  | 0                    | 436                   | 53                       | -168           | 846                          | 437                            |
| 7            | 524                                | 174                                  | 0                    | 436                   | 48                       | -143           | 865                          | 515                            |
| 8            | 524                                | 219                                  | 0                    | 436                   | 44                       | -114           | 889                          | 584                            |
| 9            | 524                                | 261                                  | 0                    | 436                   | 41                       | -83            | 918                          | 654                            |
| 10           | 524                                | 289                                  | 0                    | 436                   | 40                       | -53            | 947                          | 712                            |
| 11           | 524                                | 375                                  | 1                    | 436                   | 38                       | -25            | 975                          | 825                            |
| 12           | 524                                | 630                                  | 3                    | 436                   | 37                       | -2             | 999                          | 1105                           |
| 13           | 524                                | 888                                  | 5                    | 436                   | 36                       | 18             | 1020                         | 1384                           |
| 14           | 524                                | 1047                                 | 7                    | 436                   | 35                       | 29             | 1032                         | 1555                           |
| 15           | 524                                | 1038                                 | 7                    | 436                   | 35                       | 33             | 1035                         | 1548                           |
| 16           | 524                                | 948                                  | 7                    | 436                   | 35                       | 29             | 1031                         | 1454                           |
| 17           | 524                                | 750                                  | 5                    | 436                   | 35                       | 18             | 1018                         | 1244                           |
| 18           | 524                                | 437                                  | 3                    | 436                   | 37                       | -2             | 999                          | 911                            |
| 19           | 524                                | 115                                  | 1                    | 436                   | 41                       | -25            | 977                          | 568                            |

P 6 - Graf SEER venkovní jednotka Toshiba pro 3 vnitřní j. [31]

## SEER



P 7 - Graf SEER venkovní jednotka Toshiba pro 2 vnitřní j. [31]

